



EESTI MAAÜLIKOOL

Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut

Johanna Matto

**LAMBAPIIMA KOOSTISE JA LAAPUMISOMADUSTE MÕJU
JUUSTUKALGENDI KOOSTISELE JA VÄLJATULEKULE**

**EFFECT OF THE COMPOSITION AND COAGULATION
PROPERTIES OF SHEEP MILK ON THE CHEESE CURD YIELD
AND COMPOSITION**

Magistritöö

Toiduainete tehnoloogia õppekava

Juhendajad: lektor Vilma Tatar, *MSc*

dotsent Ivi Jõudu, *PhD*

Tartu 2021

Eesti Maaülikool		Magistritöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51006			
Autor: Johanna Matto		Õppekava: Toiduainete tehnoloogia	
Pealkiri: Lambapiima koostise ja laapumisomaduste mõju juustukalgendi koostisele ja väljatulekule			
Lehekülgi: 65	Jooniseid: 2	Tabeleid: 16	Lisasid: 2
Õppetool: Toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia õppetool			
Uurimisvaldkond ja CERC S-i kood: Toiduainete ja jookide tehnoloogia T430			
Juhendajad: Vilma Tatar, <i>MSc</i> ; Ivi Jõudu, <i>PhD</i>			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2021			
<p>Eestis on piimalammaste pidamine ja lambapiimast piimatoodete valmistamine veel uus majandusharu, mida on vähe uuritud. Selle magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada lambapiima koostise ja laapumisomaduste mõju juustukalgendi koostisele ja väljatulekule. Valimisse kuulus Viinamärdi talu 30 lakooni tõugu teise laktatsiooni piimalammast ja proovide kogumine toimus 2019. aastal. Määrati lambapiima koostis, pH, laapumisomadused (laapumise aeg, kalgendi moodustumise intensiivsus, kalgendi tugevus) ning juustukalgendi väljatulekuga seotud näitajad (kalgendi koostis, piima koostiskomponentide kalgendisse väärindamise väärinduskoefitsendid). Juustukalgendi keskmine väljatulek oli 34,60%. Lambapiima kuivainest keskmiselt 56,94% konverteerus kalgendisse, piima rasva väärinduskoefitsent oli keskmiselt 94,85% ja valgu väärinduskoefitsent keskmiselt 73,66%. Mida suurem on piima kuivaine-, rasva-, valgu-, kaseiini- ja mineraalainetesisaldus, seda suurem on kalgendi väljatulek. Mida tugevam kalgend tekib, seda väiksem on kalgendi väljatulek, aga tugevama kalgendi puhul on kalgendisse väärindatud rohkem piima kuivainet.</p>			

Eestis tuleks jätkata lambapiima koostise, laapumisomaduste ja juustukalgendi väljatulekuga seotud näitajate uurimist.

Märksõnad: lambapiima koostis, lambapiima laapumisomadused, juustukalgendi väljatulek, piima koostisosade kalgendisse ülemineku väärimiskoeffitsendid

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51006		Abstract of Master's Thesis	
Author: Johanna Matto		Curriculum: Food Technology	
Title: Effect of the composition and coagulation properties of sheep milk on the cheese curd yield and composition			
Pages: 65	Figures: 2	Tables: 16	Appendixes: 2
Chair: Chair of Food Science and Technology Field of research and (CERC S) code: Food and drink technology T430 Supervisors: Vilma Tatar, <i>MSc</i> ; Ivi Jõudu, <i>PhD</i> Place and date: Tartu 2021			
Dairy sheep rearing and production of dairy products from sheep's milk is still a fairly new industry in Estonia, that has been little studied. The aim of this master's thesis was to find out the effect of the composition and coagulation properties of sheep's milk on the composition and yield of cheese curd. The study included 30 dairy sheep of Lacaune breed from Viinamärdi farm and milk samples were collected in the year 2019. The composition of the sheep's milk, pH, coagulation properties (coagulation time, curd formation rate, curd firmness) and parameters related to the cheese curd yield (curd composition, recovery percentage of milk constituents) were determined. The average yield of curd was 34.60%. On average, 56.94% of sheep's milk dry matter was converted into curd, the average fat recovery of milk fat into curd was 94.85% and the average recovery of protein was 73.66%. The higher the dry matter, fat, protein, casein and mineral content of the milk, the higher the curd yield. The more firm the curd is, the smaller is the curd yield, but in the case of a more firm curd, the recovery of milk solids into curd is higher. Parameters related to the composition, coagulation properties and curd yield of the sheep's milk must be further investigated in Estonia.			
Keywords: ewe's milk composition, sheep milk coagulation properties, curd yield, recovery of milk components in curd			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	8
1.1. Lambapiima koostis	8
1.1.1. Lambapiima rasv	12
1.1.2. Lambapiima valk	16
1.1.3. Lambapiima laktoos ja mineraalained	19
1.2. Piima laapumisomadused ja seda mõjutavad tegurid	21
1.3. Juustukalgendi ja juustu väljatulek	23
1.3.1. Juustukalgendi ja juustu väljatuleku hindamine	26
1.3.1.1. Juustu ja juustukalgendi väljatuleku määramise meetodid	27
1.3.1.2. Lambapiima juustu väljatulekut prognoosivad valemid	28
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	31
2.1. Proovide kogumine ja säilitamine.....	31
2.2. Lambapiima koostise määramine	32
2.3. Lambapiima laapumisomaduste määramine.....	33
2.4. Lambapiima juustukalgendi väljatuleku hindamine	34
2.5. Statistiline andmetöötlus	35
3. TULEMUSED JA ARUTELU	36
3.1. Lambapiima koostis	36
3.2. Lambapiima pH ja laapumisomadused	39
3.3. Lambapiima kalgendi koostis ja väljatulek.....	43
KOKKUVÕTE	53
KASUTATUD KIRJANDUS.....	55
Lisa 1. Laapumisdiagrammid lakotdünamograafilisel mõõtmisel	64
Lisa 2. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta	65

SISSEJUHATUS

Lambapiim eristub lehma- ja kitsepiimast oma eriliselt kontsentreeritud koostise poolest: lambapiimas on umbes kaks korda rohkem rasva ja ligikaudu 40% rohkem valku, kui lehma- või kitsepiimas. Tänu koostise erinevustele on ka lambapiima tehnoloogilised omadused lehmapiimast paremad – lambapiim laapub kiiremini, saadav kalgend on tugevam ning juustu väljatulek on suurem. (Wendorff 2002).

Suurem osa maailma piimalammastest peetakse alal, mis jääb laiuskraadide 35° pl (põhjalaiust) ja 45° pl vahele (sinna kuulub näiteks vahemerepiirkond ja lähis-ida piirkond) (Pulina *et al.* 2018), Eesti ja teised Põhja-Euroopa riigid jäävad sellest alast välja, seetõttu ei saa muus maailmas tehtud piimalammaste pidamise ja lambapiima koostise ja tehnoloogiliste omadustega seotud uurimuste tulemusi ja leitud informatsiooni otseselt Eesti piirkonna lammastele ja lambapiimale üle kanda. Vahemerepiirkonnas on lambapiima ja sellest valmistatud toodete (juust, jogurt jm) tootmine oluline majandusharu (Thomas & Haenlein 2017). Prantsusmaal, Kreekas, Itaalias ja Hispaanias peetakse piimalambaid ja toodetakse lambapiimatooteid kõrgtehnoloogilisel tasemel ja just sealt pärineb enamus (~ 50%) lambapiimaga seotud uuringutest (Pulina *et al.* 2018).

Eestis on piimalammaste pidamine ja lambapiimast piimatoodete valmistamine veel uus majandusharu. Väikemäletsejaliste piima üldiselt joogipiimana ei tarbita, vaid seda kasutatakse peamiselt erinevate traditsiooniliste piimatoodete, hapupiimatoodete ja juustude, valmistamiseks (Pulina *et al.* 2018). Seetõttu on oluline uurida lambapiima koostist ja selle tehnoloogilisi omadusi. Eesti piirkonnas piimalammaste pidamise ja lambapiima omaduste kohta on tehtud väga vähesel määral teaduslikke uurimistöid. Teadusliku info leidmine selles valdkonnas on oluline, et saaks Eesti tingimustes toota efektiivselt kvaliteetseid piimatooteid.

Varasemalt on Eestis uuritud lambapiima koostist, osakeste suurusjaotust ja piima laapumisomadusi (Kask 2020), kuid puuduvad andmed lambapiima koostise ja laapumisomaduste mõjust juustu väljatulekule. Antud töö eesmärgiks on välja selgitada lambapiima koostise ja laapumisomaduste mõju juustukalgendi koostisele ja väljatulekule. Lähtuvalt eesmärgist on püstitatud hüpotees, et lambapiima koostis ja laapumisomadused mõjutavad piima koostiskomponentide väärimist juustukalgendisse.

Lõputöö autor soovib avaldada tänu Viinamärdi Talu OÜ-le ja Denis Prettole antud töös uurimiseks kasutatatud lambapiima ja piimaproovide kogumise eest.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Lambapiima koostis

Lambapiima keskmine kuivainesisaldus on 17,8%, rasvasisaldus 7,4%, valgusisaldus 5,7%, laktoosisisaldus 4,8% ja tuhasisaldus 0,9% (Moatsou & Sakkas 2019; Alichanidis *et al.* 2016). Veel näiteid lambapiima keskmise koostise kohta leiab tabelist 3. Erinevate loomaliikide piima koostis on erinev (tabel 1) ja piima koostist mõjutavad ka teised tegurid nagu sööda koostis, loomatõug, laktatsioon ja laktatsiooniperiood, pidamistingimused, ilmastikutingimused, piirkond ning udaratervis (Mohapatra, Shinde & Singh 2019).

Tabel 1. Lehmapiima ja lambapiima koostise erinevused. (Kanwal *et al.* 2004).

Koostisosad	Lehmapiim	Lambapiim
Kuivaine	12,5%	18,3%
Rasvata kuivaine	8,7%	12,3%
Rasv	3,8%	6,0%
Valk	3,1%	5,2%
Laktoos	4,6%	4,9%
Tuhk	0,8%	0,94%

Sööda koostis, näiteks sööda kiudained ja rasvad, mõjutab lambapiima rasvasisaldust ja rasvhappelist profiili (Nudda *et al.* 2014). Mida suurem on loomasööda neutraaldetergent kiu (NDF, sinna alla kuuluvad hemitselluloos, tselluloos ja ligniin) sisaldus, seda suurem on piima rasva- ja valgusisaldus (Bencini & Pulina 1997). Koresööda (hein, silo) kiudainesisaldus ja sööda heksli suurus mõjutab mäletsemise aega ja sööda vatsas viibimise ajalist kestust ning seeläbi sööda komponentide seeduvust, mis omakord mõjutab piima koostist (Bencini & Pulina 1997).

Lammaste söödale kõrge rasvasisaldusega söödalisandite lisamine pole majanduslikult mõttekas, sest lambapiima rasvasisaldus on juba loomulikult piisavalt kõrge (Bencini & Pulina 1997). Lambapiima valgusisaldust mõjutab lämmastikuühendite sisaldumine ja koostis söödas

(Bencini & Pulina 1997). Kõrgema valgusisaldusega sööda söötmine tõstab lammaste piima valgusisaldust, aga samas ka piimatoodangut ning seega pole valgusisalduse tõus piimas selgelt märgatav (Bencini & Pulina 1997).

Piima koostist mõjutab ka lambatõug (tabel 2). Olemas on umbes 180 lüpstavat kahesuunalist lambatõugu, millest 40 on piimalambatõud. Üldiselt on lambatõud traditsiooniliselt piirkonnaspetsiifilised, aga mõned tõud on levinud üle maailma. Lambatõug mõjutab oluliselt piimatoodangut, -koostist ja omadusi. (Skoufos *et al.* 2017). Enamik piimalambatõugusid on kasutusel piima ja piimatoodete tootmiseks nendes piirkondades, mis on ka nende traditsioonilised päritolupiirkonnad. Mõned, oma hea piimatoodangu poolest tuntud, piimalambatõud on levinud üle maailma, nagu näiteks ida-friisi piimalambad (Saksamaa), lakooni piimalambad (Prantsusmaa), sarda (Itaalia), manchega (Hispaania), chios (Kreeka) ja awassi (Iraak jt Lähis-Ida riigid) piimalambad. (Thomas & Haenlein 2017).

Tabel 2. Lambapiima keskmine koostis erinevate tõugude näitel.

Lambatõug	Rasvasisaldus, %	Valgusisaldus, %	Laktoosisisaldus, %	Mineraalainete sisaldus, %	Allikas
Spanish Assaf	5,54 ± 1,06 (SD)	5,02 ± 0,48	5,11 ± 0,27	2,86 ± 1,07	Sánchez-Mayor <i>et al.</i> 2019
Awassi	8,2 ± 1,8 (SEM)	6,0 ± 1,0	5,0 ± 1,0	X	Tsiplakou, Mountzouris & Zervas 2006
Lacaune	7,6 ± 1,8	5,9 ± 1,0	4,9 ± 1,0	X	Tsiplakou, Mountzouris & Zervas 2006
Friesland	7,1 ± 1,8	5,6 ± 1,0	5,1 ± 1,0	X	Tsiplakou, Mountzouris & Zervas 2006
Chios	6,9 ± 1,8	5,4 ± 1,0	4,7 ± 1,0	X	Tsiplakou, Mountzouris & Zervas 2006

Erinevat tõugu lammaste piimatoodang ja piima rasvasisaldus ning rasvhappeline profiil on erinevad (Signorelli *et al.* 2008). Suurema piimatoodanguga lammaste piimas on suuremal määral polüküllastumata rasvhappeid, aga vähem küllastunud rasvhappeid ja müristiinhapet. Suurema rasvasisaldusega lambapiima puhul on selle lühikese- ja keskmise ahelapikkusega rasvhapete ja konjugeeritud linoolhappe sisaldus madalam, aga selles on rohkem steariinhapet (Signorelli *et al.* 2008). Samas on laktatsiooniperioodil lambapiima koostisele olulisem mõju, kui lambatõul, aga tõugudevahelised erinevused tulevad esile, siis, kui võrreldakse eri tõugu lammaste piima koostist samal laktatsiooniperioodi etapil (Sinanoglou *et al.* 2015).

Tabel 3. Lambapiima keskmine koostis kokkuvõetuna erinevatest allikatest. (Raynal-Ljutovac *et al.* 2008).

	Keskmine	Miinum	Maksimum
Kuivainesisaldus, % (n=36)	18,1	14,4	20,7
Rasvasisaldus, % (n=68)	6,82	3,60	9,97
Valgusisaldus, % (n=67)	5,59	4,75	7,20
Kaseiinisaldus, % (n=18)	4,23	3,72	5,01
Laktoosisisaldus, % (n=30)	4,88	4,11	5,51

Suuremat piimatoodangut andvate lambatõugude piima rasva- ja valgusisaldus on üldiselt madalamad, kui väikesema piimatoodanguga lambatõugudel (Bencini & Pulina 1997). Lammaste genotüüp mõjutab ka seda, millised on erinevate kaseiinifraktsioonide proportsioonid piimas (Bencini & Pulina 1997).

Piima koostist mõjutab ka see, millises laktatsiooniperioodi etapis loom on. Laktatsiooniperioodi alguses ja lõpus on lambapiima rasva-, valgu-, kuivaine- ja soomaatiliste rakkude sisaldus kõrgemad, kuid laktatsiooni keskel on nende sisaldused madalamad (Bencini & Pulina 1997). Laktatsiooniperioodi alguses (<30 päeva) produtseeritud piimal on madalam kuivainesisaldus ja rasvasisaldus ja ka madalam juustu väljatulek, kui lambaid lüpstakse üks

kord päevas ja teine pool päevast saavad lambad tallesid imetada, aga, kui lambaid lüpstakse kaks korda päevas, siis on piima kuivaine- ja rasvasisaldus kõrgemad (McKusik, Berger & Thomas 1999). Hea protsessijuhtimine, andmete säilitamine ja kogumine ning konstansed juustutootmise operatsioonid tagavad ühtlase juustu koostise ja väljatuleku kogu laktatsiooniperioodi jooksul (Wendorff & Kalit 2017).

Barron *et al.* (2001) töös uuriti lambapiima koostise muutumist aastaegade vaheldumisega. Uurimus viidi läbi Hispaanias, kus lambapiima tootmine ja sellest juustu valmistamine toimub hooajaliselt, suvel ja sügisel tootmist ei toimu. Lambapiima analüüsiti veebruaris (enamus piima laktatsiooni alguses olevate loomade piim), aprillis (erinevates laktatsiooniperioodi etappides olevate loomade piim) ja juunis (enamus piima laktatsiooni lõpus olevate loomade piim). Töö tulemusena leiti, et piima koostis oli eri aastaegadel erinev peamiselt lammaste laktatsiooniperioodi ja söötmise mõju tõttu ning nende erinevuste alusel saab juustu väljatulekut ja kvaliteediomadusi kogu tootmisperioodi vältel prognoosida.

Somaatiliste rakkude arv (SRA) on näitaja, mille alusel hinnatakse looma udaratervist ja eristatakse mäletsejaliste piimanäärmete seisundit (terve/haige). Udarapõletiku korral tõuseb piimas somaatiliste rakkude arv, mis omakord mõjutab piima koostist sel viisil, et väheneb piima kuivaine-, s.h rasva- ja valgu-, sisaldus, suureneb piimas kloori sisaldus, aga väheneb teiste mineraalainete sisaldus ning pH väärtus tõuseb. Need muutused piima koostises halvendavad ka piima laapumisomadusi. (Bencini & Pulina 1997).

Lammastel on kaks nisa, aga lehmadel on neli, lisaks sellele on lamba udaral ka teisi anatoomilisi erinevusi lehma udarast. Lammaste udara tsisterni maht on väiksem, kui lehmadel ja kitsedel. Lammastel ja kitsedel on apokriinne piima sekretsioon, aga lehmadel merokriinne, seetõttu on lamba- ja kitsepiima somaatiliste rakkude arv suurem, kui lehmapiimal. (Mohapatra, Shinde & Singh 2019; Caldwell 2014)

Martini *et al.* (2008) läbiviidud uurimuses vaadeldi kolme erineva somaatiliste rakkude arvu taseme puhul SRA mõju lambapiima koostisele ja juustu väljatulekule. Kaseiinisalduse ja kaseiini/valgu suhte väärtused vähenesid proportsionaalselt SRA suurenemisega. Juustu väljatulek vähenes vastavalt SRA suurenemisega. Väiksem juustu väljatulek tuleneb kõrge SRA-ga piima madalamast kaseiini- ja rasvasisaldusest. Lambapiima rasvagloobulite

morfomeetriliste omaduste uurimisel leiti ka, et madalam juustu väljatulek on seotud suurema, kui 5 µm läbimõõduga rasvagloobulite osakaalu suurenemisega.

1.1.1. Lambapiima rasv

Tänu kõrgele rasva- ja kuivainesisaldusele sobib lambapiim väga hästi juustu ja teiste piimatoodete tootmiseks (Barłowska *et al.* 2011). Lambapiima rasvaosa koosneb suuremas osas keskmise ahelapikkusega rasvhapetest (Mohapatra, Shinde & Singh 2019). Võrreldes lehmapiimaga on lambapiimas suuremas kontsentratsioonis küllastumata rasvhappeid (Molik *et al.* 2008). Lambapiima rasvagloobulid on keskmiselt väiksemad, kui lehmapiima rasvagloobulid (Mohapatra, Shinde & Singh 2019) ning seetõttu on lambapiima rasva seedumine ja imendumine, võrreldes lehmapiima rasvaga, efektiivsemad (Park 1994). Piima rasvhappeliste profiili mõjutavad paljud tegurid ja nende tegurite koosmõjud: geneetilised tegurid (tõug, genotüüp), füsioloogilised tegurid (looma vanus, laktatsiooniperiood), keskkondlikud tegurid (söötmise, karjatamine) (De La Fuente *et al.* 2009).

Rasv esineb piimas rasvagloobulitena, mis on emulgeerituna piima veefaasis. Piima rasvagloobulid on tehnoloogiliselt ja bioloogiliselt olulised piima struktuurilelemendid. Umbes 98% piima lipiididest on triglütseriidid (triatsüülgütseroolid), mida nimetatakse piimarasvaks ja, mis koosnevad erinevate omadustega rasvhapetest. (Moatsou & Sakkas 2019).

Piima rasvagloobuli membraanil on keeruline organiseeritud struktuur, mis koosneb polaarsetest lipiididest (fosfatidüülkoliin, fosfatidüületanolamiin, fosfatidüülinositool, fosfatidüülseriin, sfingomüeliin), gangliosiididest, kolesteroolist, valkudest ja glükoproteiinidest ning rasvlahustuvatest vitamiinidest (Dewettinck *et al.* 2008). Park *et al.* (2007) andmetel on lambapiima keskmine rasvagloobuli diameeter 3,5 µm, mis on väiksem, kui lehmapiima keskmine rasvagloobuli diameeter (Park *et al.* 2007). Lisaks sellele, et lambapiima rasvagloobulid on väikesed, on lambapiimas ka vähe krüoglobuliini, mistõttu lambapiima koor ei eraldu seismisel, eriti madalate temperatuuride juures (Barłowska *et al.* 2011).

Lambapiima keskmine rasvagloobuli suurus on 3,99 µm, lehmapiimas on keskmine rasvagloobuli suurus 4,42 µm (Wendorff & Kalit 2017; Mehaia 1995). Lambapiima väiksemate rasvagloobulite tõttu ei toimu koore tõusmist pinnakihti piima seismisel (Wendorff & Kalit

2017; Mehaia 1995). Üks lehmapiimale omaseid tunnuseid on koore eraldumine ja pinnale tõusmine, mille ajalise kiiruse määrab rasvagloobulite suurus, rasva dispersioon ja aglutiniinide sisaldus. Lehmapiima puhul tõuseb piima seismisel peaaegu kogu piima rasv pinnale, sest lehmapiimas leidub natiivne valk immunoglobuliin M, mis sadeneb piima jahtumisel rasvagloobulite pinnale. Seda valku nimetatakse seetõttu ka krüoglobuliiniks. Suuremad rasvagloobulid tõusevad pinnale kiiremini ja teiste rasvagloobulitega kokkupuutumisel ühinevad, mille tulemusel tekivad rasvagloobulite agregaadid. Ka rasvagloobulite agregatsiooni sel viisil katalüüsib krüoglobuliin (Barlowska *et al.* 2011).

Lambapiima ja sellest valmistatud toodete tervislikkuse hindamiseks on oluline kirjeldada lambapiima rasvhappelist profiili (Mohapatra, Shinde & Singh 2019). Piima lipiidid mõjutavad piimatoodete toiteväärtust, füüsikalisi-keemilisi omadusi, sensoorseid omadusi ja töötlemise tingimusi (Park *et al.* 2007).

Lamba- ja kitsepiimas on lühikese ja keskmise ahelapikkusega rasvhapete osakaal suurem, kui lehmapiimas (tabel 4) (Mohapatra, Shinde & Singh 2019). Neid rasvhappeid seostatakse lamba- ja kitsepiimast valmistatud juustudele iseloomuliku maitsega ja nende abil on võimalik tuvastada eri loomaliikide piima leidumist nende liikide segupiimast valmistatud piimatoodetes (Mohapatra, Shinde & Singh 2019).

Sinanoglou *et al.* (2015) uurisid ja analüüsisid Kreeka kohalike lambatõugude toorpiima ja koort. Lamba toorpiimas ja koores on lühikese ja keskmise ahelapikkusega rasvhapete osakaal suur. Toorpiima rasvhappelisele profiilile avaldab mõju laktatsiooniperiood rohkem, kui seda mõjutab tõu faktor. Enamike lühikese ja keskmise ahelapikkusega rasvhapete suhteline sisaldus vähenes laktatsiooniperioodi jooksul, aga samas laktatsiooniperioodi jooksul kasvas küllastumata rasvhapete proportsioon piimas. Palmitiin- ja oleiinahappe proportsioon oli kõrgeim laktatsiooniperioodi lõpus. (Sinanoglou *et al.* 2015).

Tabel 4. Rasvhapete sisaldus lamba-, kitse- ja lehmapiimas. (Markiewicz-Keszycka *et al.* 2013).

Rasvhape, g/100 g	Lambapiim	Kitsepiim	Lehmapiim
Võihape (C4:0)	2,57	2,03	2,87
Kaproonhape (C6:0)	1,87	2,78	2,01
Kapriühape (C8:0)	1,87	2,92	1,39
Kapriinhape (C10:0)	6,63	9,59	3,03
Lauriinhape (C12:0)	3,99	4,52	3,64
Müristiinhape (C14:0)	10,17	9,83	10,92
Palmitiinhape (C16:0)	25,1	24,64	28,7
Steariinhape (C18:0)	8,85	8,87	11,23
Oleiinhape (18:1 <i>cis</i> -9)	20,18	18,65	22,36
Linoolhape (18:2 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12)	2,32	2,25	2,57
Konjugeeritud linoolhape (18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11)	0,76	0,45	0,57
α -linoleenhape (18:3 <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12, <i>cis</i> -15)	0,92	0,77	0,5
ω -6	2,97	1,78	2,83
ω -3	1,31	0,44	0,56
SFA	64,23	68,79	68,72
MUFA	29,75	24,48	27,40
PUFA	4,82	3,70	4,05
ω -6/ ω -3	2,31	5,00	6,01
Rasvasisaldus (g/100 g)	6,09	4,27	3,76

Märkus: SFA – küllastunud rasvhapped, MUFA – monoküllastumata rasvhapped, PUFA – polüküllastumata rasvhapped

Lambapiimale iseloomulikeks tunnusteks võrreldes teiste mäletsejaliste piimaga on: kõrgem võihape (C4:0) sisaldus, kõrgem konjugeeritud linoolhappe sisaldus (CLA) ja kõrgem oomega-3 rasvhappe (ω -3) sisaldus (Collomb *et al.* 2008). Mäletsejaliste piim ja sellest valmistatud tooted sisaldavad suures koguses küllastunud rasvhappeid. Piima rasvhapetest umbes kaks kolmandikku moodustavad küllastunud rasvhapped, vähesel määral polüküllastumata

rasvhappeid ja 4% trans-rasvhappeid (Moatsou & Sakkas 2019). Lambapiimas moodustavad lühikese ja keskmise ahelapikkusega (kapronhape C6:0, kaprüülhape C8:0, kapriinhape C10:0 ja lauriinhape C12:0) küllastunud rasvhapped 14,2 – 17,7% kogu rasvhapetest. See osakaal on võrreldes lehmapiimaga, kus küllastunud rasvhapped moodustavad 9 – 11% kogu rasvhapetest, palju suurem (Balthazar *et al.* 2017). Lamba- ja lehmapiima võihappe sisaldus on sarnane: vastavalt 3,5% ja 3,9% kogu rasvhapetest (Balthazar *et al.* 2017).

Konjugeeritud linoolhappe leidub ainult mäletsejalistelt pärinevas rasvas ja see kuulub cis- ja trans-rasvhapete hulka, mis tekivad mäletsejaliste seedimisel vatsa mikroorganismide poolt söödast pärinevate küllastumata rasvhapete biohüdrogeenimise käigus. Konjugeeritud linoolhappe vastab rühmale linoolhappe C18:2 isomeeridele, millel on konjugeeritud kaksikside ja see moodustab 15 – 20% piima polüküllastumata rasvhapetest (Moatsou & Sakkas 2019).

Lambapiima konjugeeritud linoolhappe sisaldust mõjutab kõige enam lammaste sööda koostis (Tsiplakou, Mountzouris & Zervas 2006a, Tsiplakou, Mountzouris & Zervas 2006b). Lambapiima konjugeeritud linoolhappe sisaldust ei mõjuta oluliselt lambatõug, poegimiste arv, lüpsipäevade arv ega piimatoodang (Tsiplakou, Mountzouris & Zervas 2006b). Lambapiima konjugeeritud linoolhappe sisaldus on kõrgem, kui kitsepiima konjugeeritud linoolhappe sisaldus (Tsiplakou, Mountzouris & Zervas 2006a). Lambapiima konjugeeritud linoolhappe sisaldus varieerub individuaalsete loomade vahel suurel määral (Tsiplakou, Mountzouris & Zervas 2006a). On leitud, et lambapiima rasvasisalduse ja konjugeeritud linoolhappe sisalduse vahel on negatiivne korrelatsioon – mida suurem on piima rasvasisaldus, seda madalam on selle konjugeeritud linoolhappe sisaldus (Tsiplakou, Mountzouris & Zervas 2006a, Tsiplakou, Mountzouris & Zervas 2006b).

Hapendatud piimatoodete ja juustu tootmist mõjutab oluliselt piima rasvasisaldus, mis kujundab nende toodete struktuuriomadusi, maitseomadusi ja määrab toote väljatuleku. Eriti oluline on see lambapiima puhul, sest selle rasvasisaldus on kõrge. Mäletsejaliste piima rasvasisaldust mõjutavad nii keskkondlikud kui ka füsioloogilised tegurid. Triatsüülglütseroolide koostis sõltub peamiselt geneetilistest teguritest ja loomade sööda koostisest. Lambapiima keskmine rasvasisaldus on kõrgem, kui lehmapiima rasvasisaldus ja seetõttu on ka lambapiima hapendatud täispiimatoodetel suurem rasvasisaldus. Juustude rasvasisaldus sõltub juustutootmise tehnoloogilistest etappidest ja soovitud juustuliigist. (Moatsou & Sakkas 2019).

1.1.2. Lambapiima valk

Piimavalgud jagunevad kaseiiniks ja vadakuvalkudeks (tabel 5), mäletsejaliste piimavalgust moodustab suurema osa kaseiin (80%) ja väiksema osa vadakuvalgud (20%). Vadakuvalkude hulka kuuluvad β -laktoglobuliin, α -laktalbumiin, immunoglobuliinid, glükomakropeptiidid, seerumi albumiin ja minoorsed valgud nagu laktoperoksüdaas, lüsoosüüm ja laktoferriin. Lambapiimas leidub vadakuvalkudest kõige suuremal määral β -laktoglobuliini ning α -laktalbumiini sisaldus on lambapiimas suurem, kui lehmapiimas. (Mohapatra, Shinde & Singh 2019).

Kaseiinid on fosfoproteiinid ja esinevad piimas mitsellidena, mitsellide keskel on kaltsiumitundlikud α_{s1} -, α_{s2} - ja β -kaseiin, mis on stabiliseeritud olekus mitselli keskel ja mitselli pindmises kihis on κ -kaseiin (Rijnkels 2002). Mitsellides olevad peamised sidemed on kaltsiumfosfaat sidemed ja mitselli on seotud ka väikeses koguses magneesiumi, naatriumi, kaaliumi ja tsitraati, valgus hajub mitsellide pinnalt ja seetõttu on piimal läbipaistmatu valge värvus (Park *et al.* 2007).

Eristatakse nelja peamist kaseiini fraktsiooni: α_{s1} -kaseiin, α_{s2} -kaseiin, β -kaseiin, κ -kaseiin, nende proportsioonid ja polümorfism erinevate loomaliikide piimas on varieeruv ja mitmekülgne (Barłowska *et al.* 2012). Inimese rinnapiimas leidub kaseiinifraktsioonidest kõige rohkem β -kaseiini, aga puudub α_{s1} -kaseiin, mis on peamine tegur, mis piimavalguallergiat põhjustab (Sood, Herbert & Slatter 1997; Mohapatra, Shinde & Singh 2019). Lehmapiimas on α_{s1} -kaseiini suuremal määral, moodustades umbes 38% kogu kaseiinist (Zicarelli 2004). Uurimistulemused seoses lambapiima kaseiinifraktsioonidega on piiratud ja vastuolulised, seda teemat, eriti kaseiinifraktsioonide seoseid piima laapumisomadustega, on lambapiima puhul vähe uuritud (Barłowska *et al.* 2012, Mohapatra, Shinde & Singh 2019); Bramanti *et al.* (2003) andmetel on kitsepiimas suures osas β -kaseiini, aga lambapiimas α_{s1} -kaseiini; Lisaks sellele on Barłowska *et al.* (2011) andmetel lamba- ja kitsepiimas olemas kõik inimorganismile asendamatud aminohapped.

Tabel 5. Lambapiima valgufraktsioonid.

Valk/ühik	Lambapiim
Kogu valk, g/kg	45 – 66*
Kogu kaseiin, g/kg	43 – 52*
α_{s1} -kaseiin, % kogu kaseiinist	6,66* 33,9 – 39,9** 5,3***
α_{s2} -kaseiin, % kogu kaseiinist	22,84* 12 – 16,4** 25,0***
β -kaseiin, % kogu kaseiinist	61,60* 37 – 42,3** 59,5***
κ -kaseiin, % kogu kaseiinist	8,90* 9,1 – 10,2** 10,2***
Vadakuvalgud, g/kg	10 – 13*
α -laktalbumiin, % kogu vadakuvalgust	13,50*
β -laktoglobuliin, % kogu vadakuvalgust	46,70*
Minoorsed vadakuvalgud, % kogu vadakuvalgust	39,80*

Märkus: * Mohapatra, Shinde & Singh (2019)** Moatsou *et al.* (2004) *** Ruprichová *et al.* (2015)

Lambapiimas kõige suurema osakaaluga kaseiinifraktsioon on β -kaseiin, mis moodustab kogu kaseiinist keskmiselt 42% (vahemikus 31 – 58%). Keskmise α_{s1} -kaseiini osakaal lambapiimas on 26% (vahemikus 7 – 40%). κ -kaseiini ja α_{s2} -kaseiini osakaalu puhul lamba- ja lehmapiimas on erinevus väike. Lambapiima κ -kaseiini osakaal on keskmiselt 10% kogu kaseiinist (vahemikus 7 – 23%) ja α_{s2} -kaseiini osakaal keskmiselt 11% (vahemikus 7 – 15%). (Moatsou & Sakas 2019; Alichanidis *et al.* 2016).

Lambapiima kaseiinimitsellid erinevad lehmapiima kaseiinimitsellidest keskmise diameetri/läbimõõdu/suuruse, hüdratsiooni ja mineralisatsiooni taseme poolest, aga lambapiima

kaseiinimitsellide omadused on sarnased kitsepiima kaseiinimitsellidele (Mohapatra, Shinde & Singh 2019). Erinevate loomaliikide piima kaseiinimitsellid on erineva keskmise suurusega (Bornaz *et al.* 2009). Kaamliipiima kaseiinimitsellid on kõige suuremad (380 nm), kitsepiima kaseiinimitsellide keskmine suurus on 260 nm, lambapiimas 180 nm ja lehmapiimal kõige väiksem 150 nm (Bornaz *et al.* 2009). Kaseiinimitsellide suuruse ja kaseiini kontsentratsiooni vahel on negatiivne korrelatsioon (Attia *et al.* 2000, Bornaz *et al.* 2009).

Väikemäletsejaliste piima kaseiinimitsellid sisaldavad rohkem kaltsiumi ja anorgaanilist fosforit, kaseiinimitsellid on vähem lahustunud, vähem termostabiilsed ja kaotavad β -kaseiini kergemini, kui lehmapiima kaseiinimitsellid (Jenness 1980, Mohapatra, Shinde & Singh 2019). Lambapiima kaseiinimitsellid on kõrgema mineraliseerituse taseme ja diameetriga, aga madalama hüdratsiooni taseme ja kolloidse stabiilsusega, kui lehmapiima kaseiinimitsellid, lambapiima kaseiinimitsellide keskmine diameeter on 193 nm, lehmapiima kaseiinimitsellide keskmine diameeter on 180 nm (Park *et al.* 2007). Bornaz *et al.* (2009) andmetel on lambapiima kaseiinimitsellide keskmine diameeter 180 nm (vahemikus 170 – 220 nm), aga lehmapiima kaseiinimitsellide keskmine diameeter 150 nm (vahemikus 90 – 210 nm). Pirisi *et al.* (1999) andmetel on pH-väärtuse 5,5 juures lambapiima kaseiinimitsellide suurus vahemikus $194,9 \pm 0,33$ kuni $220,5 \pm 16,3$ nm ning leiti ka, et lambapiima kaseiinimitsellide suurust mõjutavad peamiselt α_{s1} -kaseiini genotüüp ja kontsentratsioon (pöördvõrdeline seos – mida suurem α_{s1} -kaseiini sisaldus, seda väiksemad kaseiinimitsellid).

Piima laapumise aeg sõltub kaseiinimitsellide suurusest: väikeste ja keskmise suurusega kaseiinimitsellidega piima laapumise aeg on lühem. Kitsepiima kalgend on pehmem ja nõrgem, kui lamba- või lehmapiima kalgend (Mohapatra, Shinde & Singh 2019).

Suurtes kaseiinimitsellides on kõrgem kaltsiumfosfaadi kontsentratsioon, aga samas väiksemad kaseiinimitsellid sisaldavad rohkem κ -kaseiini – κ -kaseiini sisaldus väheneb kui kaseiinimitselli diameeter kasvab (Mohapatra, Shinde & Singh 2019; Brule *et al.* 2000, Bornaz *et al.* 2009). Piima laapumisel on κ -kaseiin oluline, sest see annab kaseiinimitsellile stabiilsuse ja selle omadused on olulised piimatoodete valmistamisel (Mohapatra, Shinde & Singh 2019). Laapensüümi toimetel piima laapumisel on kolm faasi (Hallén 2008):

- Esimeses faasis toimub κ -kaseiini hüdrolüüsimine para- κ -kaseiiniks, millega kaasneb hüdrofiilse kaseinomakropeptiidi vabanemine vadakusse. Kaseiinimitsell destabiliseerub ja see muutub vastuvõtlikumaks kaltsiumi sadenemise suhtes.
- Teine faas hõlmab kaseiinimitsellide spontaanse agregatsiooni algust, tekib ristsidemetest võrgustik ehk algab geeli moodustumine.
- Kolmandas ehk viimases faasis toimub sünerees ehk vadaku väljumine kaseiini võrgustikust.

Valgu kontsentratsioon ja omadused erinevates piimatoodetes sõltuvad läbiviidud tootmisetappidest- ja protsessidest, nagu kuumtöötlus, fermentatsioon, ensümaatiline töötlus, kontsentreerimine, vadaku eemaldamine või filtratsioon (Moatsou & Sakkas 2019).

1.1.3. Lambapiima laktoos ja mineraalained

Laktoos on lehmapiima kuivaines kõige suurema osakaaluga, aga lambapiimas on laktoosist suurema osakaaluga nii rasva- kui ka valgusisaldus (tabel 6). Üldiselt ei ole erinevate mäletsejaliste piima laktoosisisalduse puhul loomaliikide vahel olulist erinevust. Laktoosi roll looma organismis on tagada osmootne rõhk, mille kaudu mõjutab see ka looma organismis toodetava piima kogust. (Moatsou & Sakkas 2019).

Tabel 6. Lambapiima laktoosisisaldus.

Lambapiim	Lehmapiim	Allikas
$4,75 \pm 0,35\%$	$4,82 \pm 0,21\%$	Barlowska <i>et al.</i> 2011
$4,8 \pm 0,4\%$	$4,7 \pm 0,4\%$	Balthazar <i>et al.</i> 2017
$4,64 \pm 0,31\%$	-	Mayer & Fiechter 2012
$4,50 - 4,65\%$	-	Skoufos <i>et al.</i> 2017

Lambapiima laktoosisisaldus on, sarnaselt teiste mäletsejaliste piima laktoosisisaldusega, madalam laktatsiooni alguses ja lõpus, vastupidiselt piima rasva- ja valgusisalduse muutuste suunale (Haenlein & Wendorff 2006).

Piimas esinevad makroelemendid (Ca, P, Mg, Na, K, Cl) ja mitmed makroelemendid ning mõned neist esinevad erinevates vormides seotuna teiste ühendite, faaside või struktuurielementidega (Moatsou & Sakkas 2019). Võrreldes lehmapiimaga on lambapiimas suurem mineraalainete sisaldus (tabel 7), osaliselt on selle põhjuseks lambapiima suurem kaseiinisaldus (Moatsou & Sakkas 2019).

Tabel 7. Mineraalainete sisaldus lamba-, kitse- ja lehmapiimas. (Raynal-Ljutovac *et al.* 2008, Moatsou & Sakkas 2019)

Mineraal	Lambapiim	Kitsepiim	Lehmapiim
Kaltsium, mg/l	1590-2420	1260	900-1840
Fosfor, mg/l	1180-1750	970	590-1190
Kaalium, mg/l	1060-1630	1900	940-1620
Naatrium, mg/l	300-750	380	440-580
Kloor, mg/l	990-1450	1600	1000-1190
Magneesium, mg/l	160-250	130	70-120
Ca/P	1,3-1,6	1,3	1,3
Tsink, µg/l	5200-7470	3400	3800
Raud, µg/l	720-1222	550	460
Vask, µg/l	400-680	300	220
Mangaan, µg/l	53-90	80	60
Jood, µg/l	104	80	70
Seleen, µg/l	31	20	30

Piim on oluline mineraalainete, eriti kaltsiumi (piima peetakse inimorganismi jaoks peamiseks toidust pärineva kaltsiumi allikaks), fosfori, naatriumi, kaaliumi, kloori, joodi, magneesiumi ja vähesel määral ka raua, allikas (Mohapatra, Shinde & Singh 2019). Lambapiimas leidub rohkem kaltsiumi, fosforit, raua ja magneesiumit kui lehmapiimas (Molik *et al.* 2008). Lambapiima kaltsiumi, fosfori, raua ja magneesiumi sisaldused on vastavalt 193, 158, 0,08, 18 mg/100 g (Park *et al.* 2007).

1.2. Piima laapumisomadused ja seda mõjutavad tegurid

Laapuvus on piima omadus moodustada kalgend piimale laapensüümi lisamisel. Laapensüümi toimel toimub kaseiinimitselli stabiliseerivate κ -kaseiini molekulide hüdrolüüs. κ -kaseiini hüdrolüüs põhjustab kaseiinimitsellide destabiliseerumise, mis omakorda põhjustab kaseiinimitsellide omavahelise agregatsiooni ja piim geelistub ehk moodustab kalgendi. (Horne & Lucey 2017).

Peamised parameetrid, mille alusel laapumisomadusi hinnatakse ja kirjeldatakse on piima laapumise aeg, kalgendi tekkimise intensiivsus ja kalgendi tugevus. Laapumise aeg on aeg minutites alates laabi lisamise hetkest, kuni kalgendi tekkimise alguseni. Kalgendi tekkimise intensiivsus on aeg minutites, mille jooksul kalgend saavutab piisava tugevuse (laapumise graafikul haarade vahemaa 20 mm). Kalgendi tugevus mõõdetakse teatud ajahetkel, näiteks 30 või 60 minuti möödumisel laabi lisamise hetkest, seda väljendatakse millimeetrites, mis on sel ajahetkel laapumise diagrammi haarade vahemik. (Inglingstad *et al.* 2014).

Lambapiimal on kõrgem rasva-, valgu- ja kuivainesisaldus kui lehma- või kitsepiimal (Wendorff & Kalit 2017). Kuna juustukalgend koosneb peamiselt piimarasvast ja kaseiinist, siis saab ühest ühikust lambapiimast rohkem juustu, kui ühest ühikust lehma- või kitsepiimast (Wendorff & Kalit 2017; Anifantakis 1986). Kaseiin on peamine piima komponent, mis moodustab kalgendi struktuuri ja piima laapumisomadused mõjutavad juustu väljatulekut (Wendorff & Kalit 2017). Kõik lehmapiimas leiduvad kaseiinifraktsioonid on olemas ka lambapiimas (Wendorff & Kalit 2017). Kaseiinimitselli struktuur on nii lehma-, kitse- kui ka lambapiimas sarnane, aga lambapiima kaseiinimitsellides on rohkem kaltsiumi, kui lehmapiima kaseiinimitsellides (Park 2007). Piima laapumisomadused muutuvad, vastavalt piima koostise muutustele, laktatsiooniperioodi käigus, üldiselt laktatsiooni lõpupoole ajalisel liikumisel halvenevad piima laapumisomadused, laapumise aeg ja kalgendi moodustumise intensiivsus pikeneb ja kalgendi tugevus väheneb (Bencini & Pulina 1997).

Lambapiim on laabile väga tundlik, sest lambapiimas on kõrge β/α_s -kaseiini suhe, seetõttu laapub lambapiim kiiremini, kui lehmapiim (Wendorff & Kalit 2017; Muir *et al.* 1993). Lambapiima kalgend tekib kiiremini, kui lehmapiima puhul, aga süneres toimub aeglasemalt (Wendorff & Kalit 2017; Muir *et al.* 1993). See on tingitud sellest, et lambapiimas on, võrreldes

lehmapiimaga, suurem kaseiini ja kolloidse kaltsiumi sisaldus (Wendorff & Kalit 2017; Storry & Ford 1982). Tänu lambapiima kõrgele lahustunud kaltsiumi sisaldusele, ei pea, vastupidiselt lehmapiimale, lambapiimale laapumisomaduste parandamiseks lisama kaltsiumkloriidi (Wendorff & Kalit 2017).

Lambapiim vajab vähem laapi, kui lehmapiim, et saavutada samasugust laapumise aega (Wendorff & Kalit 2017; Kalantzopoulos 1993). Madalama pH-väärtuse juures on laapumise aeg lühem ja kalgendi moodustumise intensiivsus kiirem ning saadav kalgend on tugevam (Bencini 2002). Laapumise aeg vähenes 10 minuti võrra (17 minutilt 7 minutile), kui lambapiima pH-väärtus langes 6,65 → 6,16 (Bencini 2002). Lambapiima valgusisalduse tõusuga, väheneb selle laapumise aeg ja suureneb kalgendi tugevus (Bencini 2002). Lambapiima kalgendi konsistentsi ei mõjuta suurel määral temperatuur, eriti madalamate pH-väärtuste juures (Bencini 2002).

Kaltsiumkloriidi lisamine lambapiimale ei mõjuta selle laapumisomadusi samal viisil nagu lehmapiima puhul, lehmapiima puhul lüheneb laapumise aeg ja kiireneb kalgendi moodustumise intensiivsus ning saadav kalgend on tugevam. Üldises mõttes on lehmapiimaga võrreldes lambapiima laapumise aeg lühem ning kalgendi moodustumise intensiivsus kiirem ja saadav kalgend tugevam. (Bencini 2002).

Lambapiima kalgendi tekkimise intensiivsus on võrreldes lehmapiimaga suurem ja pole samaväärselt mõjutatud pH-väärtuse poolt – lehmapiima pH-väärtuse tõusmisel väheneb kalgendi tekkimise kiirus (Bencini 2002). Pellegrini *et al.* (1997) uurimuse tulemused näitasid, et kalgendi tekkimise kiirus on seotud piima kaseiinisaldusega. Lisaks sellele on leitud ka, et lambapiima kalgendi tekkimise kiirust mõjutab ka piima soomaatiliste rakkude sisaldus – piima, mille soomaatiliste rakkude arv ületab 500 000 rakku/ml kalgend tekib aeglasemalt (Pellegrini *et al.* 1997). See võib tuleneda sellest, et kõrgema soomaatiliste rakkude arvuga piimas on kõrgem lahustuva valgu osakaal ja vähem lahustunud kaltsiumi (Revilla *et al.* 2009). Teised tegurid, mis võivad mõjutada lambapiima laapumisomadusi ja lambapiimast moodustuva kalgendi reoloogilisi omadusi võib mõjutada ka lammaste söötmine ja lambatõug (Wendorff & Kalit 2017).

Piima kuumutamine kõrgel temperatuuril halvendab piima laapumisomadusi, sest kuumutamise toime moodustub kompleks denatureerunud β -laktoglobuliini ja κ -kaseiini vahel. Selle kompleksi teke pärsib κ -kaseiini hüdrofüüsi ja ka kaseiinimitsellide agregatsiooni. 85 °C kraadi juures kuumutamisel saavutatakse maksimaalne denatureerituse aste lambapiima puhul 1 – 3 minuti jooksul, aga lehmapiima puhul 10 minuti jooksul. 80 °C kraadi juures suurenevad kaseiinimitsellide mõõtmed 1,5 korda võrreldes toorpiimas olevate kaseiinimitsellidega. Laapumisaeg (RCT) pikenes pärast kuumutamist samuti 1,5 korda võrreldes toorpiima laapumisajaga. Lambapiima teisi laapumisomadusi mõjutas piima kõrgel temperatuuril kuumutamine vähem kui lehmapiima puhul. (Raynal & Remeuf 1998).

1.3. Juustukalgendi ja juustu väljatulek

Lambapiim on väga sobilik juustu valmistamiseks tänu selle kõrgele valgu- ja rasvasisaldusele ja tänu kõrgele kaltsiumisisaldusele ühe ühiku kaseiini kohta (Moatsou *et al.* 2004). Seetõttu on sama koguse lamba- ja lehmapiima kasutamisel juustu valmistamisel juustu väljatulek suurem lambapiima puhul (Moatsou *et al.* 2004). Juustu väljatulekut mõjutavad peamiselt piima koostis, eriti selle rasva- ja valgusisaldus, ja piima koostisosade juustukalgendi koostisse ülekandumise efektiivsus (Pazzola *et al.* 2019).

Juustu tootmise hinnast moodustab piim umbes 85%, seetõttu on oluline hinnata juustu väljatulekut. Juust on piimatoode, milles piima valk ja rasv on kontsentreeritud ning seeläbi mõjutavad juustu väljatulekut peamiselt piima kaseiini- ja rasvasisaldus (Wendorff & Kalit 2017).

Suurem osa kaseiini ja piimarasva ning üle poole piimas leiduvast kaltsiumist kanduvad üle kalgendisse ja valminud juustu. Vadakuvalgud, laktoos ja vesi eralduvad vadakuna. Juustule annabki niiskuse vadak, väikeses koguses vadakuvalke ja laktoosi jääb ka valmis juustu, nende osakaal on proportsioonis juustu niiskusesisaldusega. Juustu väljatulekut mõjutavad eelkõige piima rasva- ja kaseiinisaldus. Mõned tegurid, mis tavaliselt lambapiima koostist ja seeläbi ka lambapiima juustu väljatulekut mõjutavad on: lambatõug, aasta-aeg, laktatsiooniperiood, pidamisviis, söötmine, geneetika, piima kvaliteet ja piima säilitamistingimused. (Wendorff 2002, Wendorff & Kalit 2017).

Kaseiin on piima peamine komponent, mis moodustab kalgendi maatriksi, mis seob endasse rasvagloobulid, seetõttu vaadeldakse juustu väljatuleku ja võimaliku kvaliteedi hindamiseks kaseiini seoseid piima teiste koostisosadega. Kaseiin ja rasva suhe määrab juustu lõpliku rasvasisalduse kuivaines. Minimaalne rasvasisaldus kuivaines on kehtestatud enamusele juustuliikidele juustude kindlaksmääramiseks ja eristamiseks – juustu koostis peab vastama juustuliigi standardile. Kaseiini ja kogu valgu suhe annab informatsiooni selle kohta, kui palju leidub piimas kaseiini, mis on vajalik soovitud struktuuriga kalgendi saamiseks. Selleks, et lambapiima kaseiini ja rasva suhet suurendada, standardiseeritakse lambapiim eraldades osa koort eesmärgiga saada madalama rasvasisaldusega juustusid. (Wendorff 2002, Wendorff & Kalit 2017).

Mõnele juustuliigile omased juustu väljatuleku näitajad on toodud tabelis 8. Juustu väljatuleku varieerumist põhjustavad samad tegurid, mis põhjustavad piima koostise varieerumist. Eelkõige mõjutab juustu väljatulekut piima rasva ja kaseiini kontsentratsioon. Juustu väljatulekut võivad mõjutada ka paljud protsessipõhised muutujad nagu: (Wendorff 2002).

- piima säilitamistingimused,
- piima standardiseerimine,
- piima kuumtöötlemine,
- piima homogeniseerimine,
- koagulatsiooni tekitamiseks kasutatava aine tüüp,
- kalgendi tugevus selle lõikamise hetkel,
- soola lisamine,
- niiskusekadu juustu valmimise ajal.

Lambapiima juustu väljatulek sõltub: lambatõust, laktatsiooniperioodist, pidamisviisist, piima kvaliteedist ja lammaste söötmisest (Wendorff & Kalit 2017). On uuritud ka lambapiima koostise muutumist aastaegade muutumisel ja selle mõju juustu väljatulekule, nii pehmete kui ka kõvade juustude puhul (Matutinović *et al.* 2011, Matutinović, Salajpal & Kalit 2014).

Tabel 8. Näited lambapiima juustu väljatulekust erinevate juustude puhul. (Wendorff 2002).

Juust	Väljatulek, %
Manchego	16,7
Feta	18,1
Romano	20,2
Sinihallitusjuust	21,9
Halloumi	18,4
Manchego laadne juust	16,1

Kõrge mineraalainete sisalduse tõttu on lambapiima puhvermahutavus suurem, kui lehmapiimal. Seetõttu toimub lambapiimas pH-väärtuse muutumine piima hapnemise protsesside käigus aeglasemalt. Pärast kalgendi moodustumist, sõltub valmistatava juustu tüüp sellest, kuidas kalgendit lõigatakse ja töödeldakse. Kalgendi lõikamisel tekkivad kalgendi osakesed (juustutera) hakkavad kokku tõmbuma, eraldades selle käigus vadakut. Juustutera pinnakiht muutub tugevamaks (tihedalt kõrvuti paiknevad kaseiinimitsellid), sellest eralduva rasva ja vadaku tõttu. Tekkiv kiht takistab edasist rasvakadu, aga samas võimaldab süneresi toimumist ehk vadaku eraldumist. (Wendorff & Kalit 2017; Johnson & Law 1999).

Mida väiksemateks osakesteks kalgend lõigatakse, seda madalam on saadava juustu niiskusesisaldus, sest väiksemad kalgendiosakesed eraldavad rohkem rasva ja vadakut. Väikse juustutera saamine on seega kõvade juustude tootmisel oluline tehnoloogiline etapp, näiteks lambapiima juustudest on sellised Romano või Manchego. Suuremad kalgendi osakesed hoiavad endas rohkem niiskust, aga purunevad näiteks intensiivsel segamisel kergemini. Suurema niiskusesisaldusega juustude saamiseks peab kalgendi lõikamisel arvestama, et kalgend oleks piisavalt tugev, et suur juustutera ei puruneks liiga kergesti segamisel. Pärast kalgendi lõikamist töödeldakse kalgendit kuumutamise ja segamise teel. Kasutatud starterkultuurid toodavad hapet ja segamise, kuumutamise ja happemoodustumise koostoime mõjutab süneresi ja kaltsiumfosfaadi lagunemist. Need protsessid on tähtsad selleks, et juust saavutaks soovitud omadused. Mesofiilsete kultuuridega toodetud juustud saavutavad madalama pH ja niiskusesisalduse võrreldes juustudega, mis on valmistatud termofiilsete

kultuuridega. Mida suurem on kalgendi pH langus pärast selle lõikamist, seda rohkem niiskust kalgend eraldab. Mida kõrgemat temperatuuri kasutatakse pärast kalgendi lõikamist, seda madalam jääb kalgendi niiskusesisaldus. Kui kalgend jahtub, aeglustub ka süneresis ehk rohkem niiskust jääb kalgendisse. (Wendorff & Kalit 2017; Johnson & Law 1999).

Vadaku eraldamise meetod mõjutab juustu tekstuuri, värvust ja maitset. Vadaku eraldamiseks on kolm peamist meetodit. Pehme juustu tootmisel toimub vadaku nõrgumine läbi perforeeritud juustuvormi. Enamike poolkõvade ja kõvade juustude tootmisel eraldatakse vadak juustukatlast ja juustutera töötlemist jätkatakse. Kolmas võimalus on vadaku ja juustutera pumpamine vadakueraldussüsteemide/sõelade kaudu eraldades need teineteisest. (Wendorff & Kalit 2017; Johnson & Law 1999).

Soola lisamiseks juustutootmisel on ka erinevad meetodid, näiteks soola lisamine juustuterule katlas või juustude soolamine soolvees jm. Lambapiimast juustude soolamiseks kasutatakse peamiselt küllastunud soolvees soolamist. Soola difusioon kõvades lambapiima juustudes on aeglasem selle kõrge kuivainesisalduse, kaseiini- ja rasvasisalduse tõttu, vastavalt sellele peab ka soolamise aeg olema piisavalt pikk. (Kalantzopoulos 1993).

1.3.1. Juustukalgendi ja juustu väljatuleku hindamine

Juustu väljatuleku hindamine ja eksperimentaalne määramine on keeruline ning seetõttu on ka paljud juustu väljatulekut käsitlevate uuringute tulemused vastuolulised ja nende tulemused on erinevad. Lehmapiima puhul on juustumeistrid juba rohkem, kui 90 aasta jooksul kasutanud valemeid juustu väljatuleku prognoosimiseks piima koostise alusel (Wendorff & Kalit 2017). Enamik selliseid valemeid leitakse suure arvu katsete läbiviimisel: analüüsitakse piima koostist, juustu või juustukalgendi koostist, vadaku koostist ja sealjuures arvestatakse ka läbiviidava protsessi parameetritega. On välja töötatud meetodeid, mille abil analüüsitakse juustukalgendi väljatulekut laboratoorsetes tingimustes, aga tihti hinnatakse juustu väljatulekut ja sellega seotud parameetreid reaalse juustutootmise käigus. Juustukalgendi väljatuleku hindamine annab piima omaduste kohta üldisemat informatsiooni, sest juustukalgendi väljatulek ei sõltu valmistatava juustu tüübist, aga valmis juustu väljatulek sõltub selle valmistamiseks teostatud protsessidest.

1.3.1.1. Juustu ja juustukalgendi väljatuleku määramise meetodikad

Mitmetes teadustöodes on kasutatud võimalust teha koostööd kohalike juustutööstustega ja juustu väljatulek määratakse reaalse juustutootmise käigus. Sellised teadustööd on näiteks: Jaeggi *et al.* (2005) (kõva tüüpi juust), Martini *et al.* (2008) (caciotta), Addis *et al.* (2018) (pecorino romano).

Mercanti *et al.* (2014) arendasid välja meetodi, mille abil on võimalik prognoosida juustu väljatulekut kasutades väikeses koguses lambapiima. Sellel meetodil prognoositud juustu väljatulekud olid kõrgemad, kui tegelikud juustu valmistamise käigus mõõdetud väärtused, aga olid siiski tegelike väärtustega korrelatsioonis.

Corral, Lzquierdo & Padilla (2009) arendasid välja protseduuri (individuaalne laboratoorne juustu väljatulek – ILCY *individual laboratory cheese yield*), mis võimaldab juustu väljatulekut hinnata piima koostise põhjal kasutades ühe- ja mitmekordseid regressioonvõrrandeid. Uurimistulemuste alusel on soovituslik kasutada mitmekordseid regressioonmudeleid aretusprogrammides, et tõsta piima kuivainesisaldust, mis võimaldab saada suurema juustu väljatuleku.

Ka näiteks Manca *et al.* (2016) kasutasid individuaalsete proovide laboratoorset juustu väljatuleku hindamist, selle meetodi töötasid välja Othmane *et al.* (2002). Lambapiima proov soojendati temperatuurile 40 °C ja samal ajal segati. 10 g lambapiima kaaluti katseklaasi, mida seejärel hoiti vesivannil 36 °C juures 10 minutit, mille möödumisel lisati piimaproovile 40 µl laabilahust (15 IMCU/ml → 0.060 IMCU/g), segati intensiivselt ja jäeti seisma üheks tunniks vesivannile temperatuuril 36 °C. Ühe tunni möödumisel tehti kalgendisse ristikujuline lõige ja tsentrifuugiti kiirusel 1750 x g 15 minutit 36 °C juures vadaku eraldamiseks. Seejärel pöörati katseklaasid tagurpidi ja nõrutati eraldunud vadak välja 45 minuti jooksul. Kaaluti katseklaasi jäänud kalgend ja arvutati esialgse piima koguse põhjal individuaalne laboratoorne juustu väljatulek (%). (Manca *et al.* 2016). Sama meetodit kasutati ka Mercanti *et al.* (2008) ja Sánchez-Mayor *et al.* (2019) töös, aga kohandatud parameetritega.

Üksikute loomade piima tehnoloogiliste omaduste hindamiseks vajatakse otseseid ja suure proovide läbilaskevõimega analüüsimeetodeid. Sellise täiustatud laktodünamograafilise

meetodi lehmapiima jaoks töötasid välja Cipolat-Gotet *et al.* (2016), seda nimetatakse 9-ml piima juustukõlblikkuse hindamise meetodiks (9-MilCA – 9 ml milk cheese-making assessment). See meetod on suure proovide läbilaskevõimega ja selle abil saab samaaegselt määrata nii piima laapumisomadusi, süneresi toimumise intensiivsust, juustukalgendi väljatulekut ja piima koostisosade väärimist kalgendisse. (Vacca *et al.* 2019).

9-MilCA meetod on eriti tõhus meetod, sest see annab proovi ühekordsel analüüsimisel informatsiooni tervikliku juustuvalmistamist imiteeriva protsessi kohta korraga (kõik protsessid alates laabi lisamisest piimale kuni vadaku eraldumiseni kalgendist) ja tänu sellele võimaldab see suure arvu proove analüüsida efektiivsemalt, kuna ei pea tegema ühe piimaproovi puhul mitut analüüsi mitme erineva meetodikaga. Vacca *et al.* (2019) kasutasid oma töös kohandatud 9-MilCA meetodit lambapiima juustukõlblikkuse analüüsimiseks ja Vacca *et al.* (2020) samuti kitsepiima puhul.

1.3.1.2. Lambapiima juustu väljatulekut prognoosivad valemid

Erinevates kirjandusallikates on kasutatud lambapiima juustu väljatuleku hindamiseks erinevaid viise (Wendorff & Kalit 2017):

1. Juustu toodang 100 lb piima kohta, lb/100 lb (Barron *et al.* 2001)
2. Juustu väljatulek kohandatuna x% niiskusesisaldusele (Pirisi *et al.* 1999)
3. Piima kogus (kg), mis kulub 1 kg täispiima rasvasisaldusega juustu valmistamiseks

$$Y = a + b_f x_f + b_p x_p, \text{ kus}$$

$$Y_{\text{juustu väljatulek}} = -0,20 + 0,011 * \text{rasvasisaldus} + 0,025 * \text{valgusisaldus}$$

(Economides, Georgiades & Mavrogenis 1987)

Juustu väljatulekut prognoosivaid valemid kasutatakse selleks, et leida eeldatav võimalik maksimaalne juustu väljatulek vastavalt soovitud juustutüübile ja selle tootmistehnoloogiale. Valemid jagunevad valemiteks, mis põhinevad suure arvu katsete statistilisel analüüsil ja valemiteks, mis põhinevad teoreetilistel kaalutlustel tahkete ainete ja niiskuse jaotumisel erinevate faaside vahel.

Valemid, mis põhinevad suure arvu katsete statistilisel analüüsil on:

- 1) Van Slyke'i valemid,
- 2) rasva- ja valgu- (kaseiini) sisaldusel põhinevad mitme muutujaga regressiooni valemid,
- 3) Colin, Laurent ja Vignon poolt loodud valemid.

Algne Van Slyke'i valem loodi 1984 cheddari juustu väljatuleku prognoosimiseks, aga tänapäeval on seda valemit kohandatud erinevate juustude väljatuleku prognoosimiseks (Abd El-Gawad & Ahmed 2011). Van Slyke'i valemi põhjal arvutatav juustu väljatulek väljendatakse juustu kogus (kg) 100 kg piima kohta (Abd El-Gawad & Ahmed 2011). Matutinović *et al.* 2011 ja Matutinović, Salajpal & Kalit 2014 kasutasid lambapiima juustu väljatuleku prognoosimiseks kohandatud Van Slyke'i juustu väljatuleku võrrandit:

Van Slyke juustu väljatulek

$$= \frac{[(RF * \% \text{ piima rasvasisaldus}) + (RC * \% \text{ piima kaseiinisaldus})] * RS}{(100 - \% \text{ juustu niiskusesisaldus})}$$

$$RF = \frac{\% \text{ juustu rasvasisaldus} * \text{juustu mass}}{\% \text{ piima rasvasisaldus} * \text{piima mass}}$$

$$RC = \frac{\% \text{ juustu kaseiinisaldus} * \text{juustu mass}}{\% \text{ piima kaseiinisaldus} * \text{piima mass}}$$

, kus RF on piimast juustu ülekandunud rasv, RC on piimast juustu ülekandunud kaseiin ja RS tähistab teiste piima kuivaineliste komponentide ja lisatud soola ülekandumist juustu. RF väärtused tehti kindlaks eksperimentaalsel teel määraes piima ja juustu rasvasisalduse ja tehti arvutused valemi põhjal. RC väärtuste arvutamiseks määrati samuti piima ja juustu kaseiinisalduse ja tehti arvutused valemi põhjal. RS väärtused arvutati järgneva valemi põhjal:

RS

$$= \frac{RF * \% \text{ piima rasvasisaldus}}{[(RF * \% \text{ piima rasvasisaldus}) + (RC * \% \text{ piima kaseiinisaldus}) * \text{juustu rasvasisaldus kuivaines}]}$$

, kus juustu rasvasisaldus kuivaines määrati eksperimentaalsel teel. Piima rasva ja valgu üleminek juustu ei erinenud aastaegade lõikes. Leiti, et juustu väljatulek on otseselt seotud juustu valmistamiseks kasutatava piima rasva- ja kaseiinisaldusega. Need uurimused näitasid,

et Van Slyke'i juustu väljatuleku valemil saab efektiivselt kasutada lambapiima juustu väljatuleku prognoosimiseks. (Matutinović *et al.* 2011, Matutinović, Salajpal & Kalit 2014, Wendorff & Kalit 2017).

Rasva- ja valgu- (kaseiini) sisaldusel põhinevad mitme muutujaga regressiooni valemid pole andnud tegeliku juustu väljatulekuga otseselt kooskõlas olevaid tulemusi, aga nende põhjal saab siiski juustu väljatuleku suunda prognoosida. Tavola Rotonda 1981. aastal loodud valem: $(a * G) + (b * P)$, kus G ja P on vastavalt piima rasva- ja valgusisaldus ning a ja b on vastavalt nende väärinduskoefitsendid. Kui valemisse lisatakse ka piima kaseiinisaldus ja väärinduskoefitsent on valemi prognoositav juustu väljatulek tegeliku juustu väljatulekuga paremini kooskõlas. (Abd El-Gawad & Ahmed 2011).

Colin, Laurent ja Vignon poolt juustu väljatuleku prognoosimiseks loodud valemitesse on kaasatud nii piima koostise kui ka laapumisomadustega seotud näitajaid. Nendest valemitest on kõige enam kasutatud valem pehme juustu väljatuleku prognoosimiseks: $Y = 9,75 - 0,021 * K_{20} + 0,211 * TP$, kus Y on prognoositav juustu väljatulek, K_{20} on piima kalgendi tekkimise intensiivsus ja TP on piima valgusisaldus. (Abd El-Gawad & Ahmed 2011).

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1. Proovide kogumine ja säilitamine

Valimisse kuulus Viinamärdi talu 30 lakooni (*Lacaune*) tõugu teise laktatsiooni piimalammast, kes olid jagatud kahte gruppi – grupp A ja grupp B, kummaski 15 lammast. Piimaproovide kogumine toimus kuue kuu jooksul 1 kord kuus, alates teisest laktatsioonikuust kuni seitsmenda laktatsioonikuuni. Selline uurimisperioodi algus valiti, sest eesmärk oli välistada ternespiima osa tehnoloogilises piimas ning lõpu määras ära asjaolu, enamikul lammastel oli seitsmes laktatsioonikuu viimane lüpsikuu ja algas kinnisperiood. A grupi lammaste piima hakati koguma 2019. aasta veebruaris, kusjuures tegu oli teise laktatsioonikuu piimaga. B grupi lammaste piima hakati koguma 2019. aasta märtsis ning tegu oli samuti teise laktatsioonikuu piimaga.

Tabel 9. Lambapiima proovide jaotamine erinevate analüüside teostamiseks.

Analüüs	Säilitamisviis	Kogus
Piima rasv, valk, laktoos, soomaatiliste rakkude arv	Jahutatud Konserveeritud	40 ml
Piima kuivaine- ja tuhasisaldus ning P, Ca, Mg, Na, K sisaldused	Külmutatud	10 ml
Piima kaseiinisisaldus	Külmutatud	10 ml
Piima pH ja laapumisomadused	Jahutatud Konserveeritud	25 ml
Juustukalgendi koostis ja väljatulek	Jahutatud	2x30 ml

Proovid koguti keskmise proovina lüpsmisel spetsiaalsesse 200 ml-sse proovikogumisnõusse, mis märgistati ning transporditi külmas termokastis koheselt peale lüpsi lõppu EMÜ toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia õppetooli teadusuuringute laborisse, kus need jaotati vastavalt planeeritud analüüsidele osaproovideks (tabel 9). Osaproovid lambapiima koostise ja laapumisomaduste määramiseks conserveeriti Bronopoli tabletiga Broad Spectrum Microtabs® II (Bronopol < 44%, Natamycin < 2%). Osaproovid juustukalgendi koostise ja väljatuleku

hindamiseks säilitati jahutatuna kuni analüüsi teostamiseni. säilitati jahutatuna (+2...+6 °C) analüüsimiseni. Külmutatud (−20 °C) proovide analüüsid teostati vastavalt võimalusele ühe kuu jooksul.

2.2. Lambapiima koostise määramine

Lambapiima koostis (rasvasisaldus (%), valgusisaldus (%), laktoosisisaldus (%), SRA) määrati Eesti Põllumajandusloomade Jõudluskontrolli laboris standardite IDF 141 ja EVS-EN ISO 13366-2 alusel CombiFoss analüsaatoriga.

Lambapiima kaseiinisaldus määrati Kjeldahl'i meetodil (ISO 17997-2:2004; IDF 29-2:2004) seadmetega FOSS Kjeltex ja FOSS Digestor 2006 EMÜ Toiduteaduse- ja toiduainete tehnoloogia õppetooli laboris.

Lambapiima kuivainesisaldus määrati EMÜ Toiduteaduse- ja toiduainete tehnoloogia õppetooli laboris gravimeetrilisel meetodil. Piima kuivainesisalduse määramiseks kasutatav gravimeetriline meetod põhineb piimaproovi kuivatamisel, eelnevalt kaalutud anumal, 102±2 °C juures vee täieliku välja aurutamiseni. Kuivatamise järgselt proov jahutatakse eksikaatoris toatemperatuurile ning kaalutakse. Kaalumiste tulemuste põhjal arvutatakse piimaproovi kuivainesisaldus.

Lambapiima tuhasisaldus määrati EMÜ Toiduteaduse- ja toiduainete tehnoloogia õppetooli laboris gravimeetrilisel meetodil. Piimaproovid kuivatati eelnevalt kaalutud anumal (102°C) kuivatuskapis ja tuhastati (550°C) muffelahjus. Kuivatamise järgselt proov jahutati toatemperatuurile ning kaaluti. Kaalumiste tulemuste põhjal arvutati piimaproovi tuhasisaldus.

Lambapiima mineraalainete (Ca, K, Na, Mg) sisaldused määrati EMÜ söötmisteaduse õppetooli laboris aatomabsorptsioonspektromeetria meetodil (ISO 8070:2007; IDF 119:2007) aatomabsorptsioon-spektromeeteriga ContrAA® 700 (Analytic Jena AG).

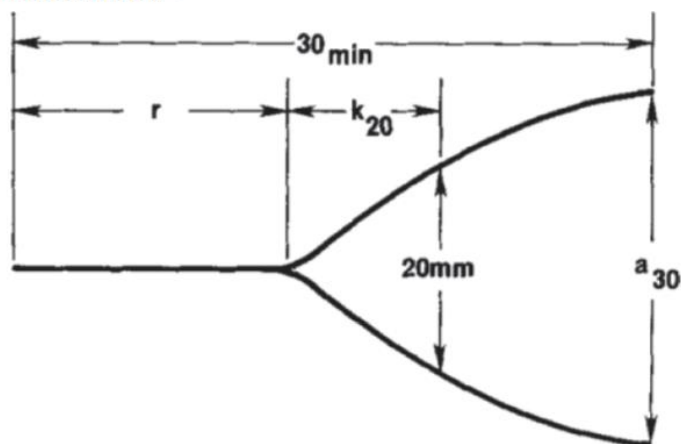
Lambapiima fosforisisaldus määrati EMÜ Toiduteaduse- ja toiduainete tehnoloogia õppetooli laboris spektromeetrilisel (ISO 9874:2006/IDF 42:2006) mõõtmisel lainepikkusel 820 nm.

Piima pH mõõdeti temperatuuril 20 °C enne laapumisomaduste analüüsimist ning mõõtmiseks kasutati pH-meetrit SevenCompact™ S210 (Mettler Toledo) elektroodiga InLab® Expert Pro (Mettler Toledo).

2.3. Lambapiima laapumisomaduste määramine

Lambapiima laapumisomaduste hindamiseks kasutati laktodünamograafi Lattodinamografo LDG v2.0 ning katsed viidi läbi söötmisteaduse õppetooli piima kvaliteedi uurimise laboris. Laktodünamograafi tööpõhimõte seisneb piima sukeldatud pendlitele tekkiva kalgendi surve mõõtmises väikesemplituudilise ostsilleerimise käigus. Seadme mõõteprogramm registreerib laapumisdiagrammina (joonis 1) piima laapumise aja (R – aeg minutites laapensüümi lisamisest kalgendi moodustumise alguseni), kalgendi moodustumise intensiivsuse (K_{20} – aeg minutites alates kalgendumise algusest ajani, mil laapumisdiagrammi laius on 20 mm) ja tekkiva kalgendi tugevused (A_{30} , A_{60} , A_{\max} – laapumisdiagrammi laius millimeetrites vastavalt 30 ja 60 minutit peale laapensüümi lisamist ning maksimaalne laapumisdiagrammi laius millimeetrites). Lisas 1 on toodud laktodünamograafi komplekti kuuluva mõõteprogrammis kuvatud tulemused laapumisdiagrammidena. Antud töös kasutatud lambapiima laapumisomaduste määramise metoodika on täpsemalt kirjeldatud Kask (2020) magistritöös.

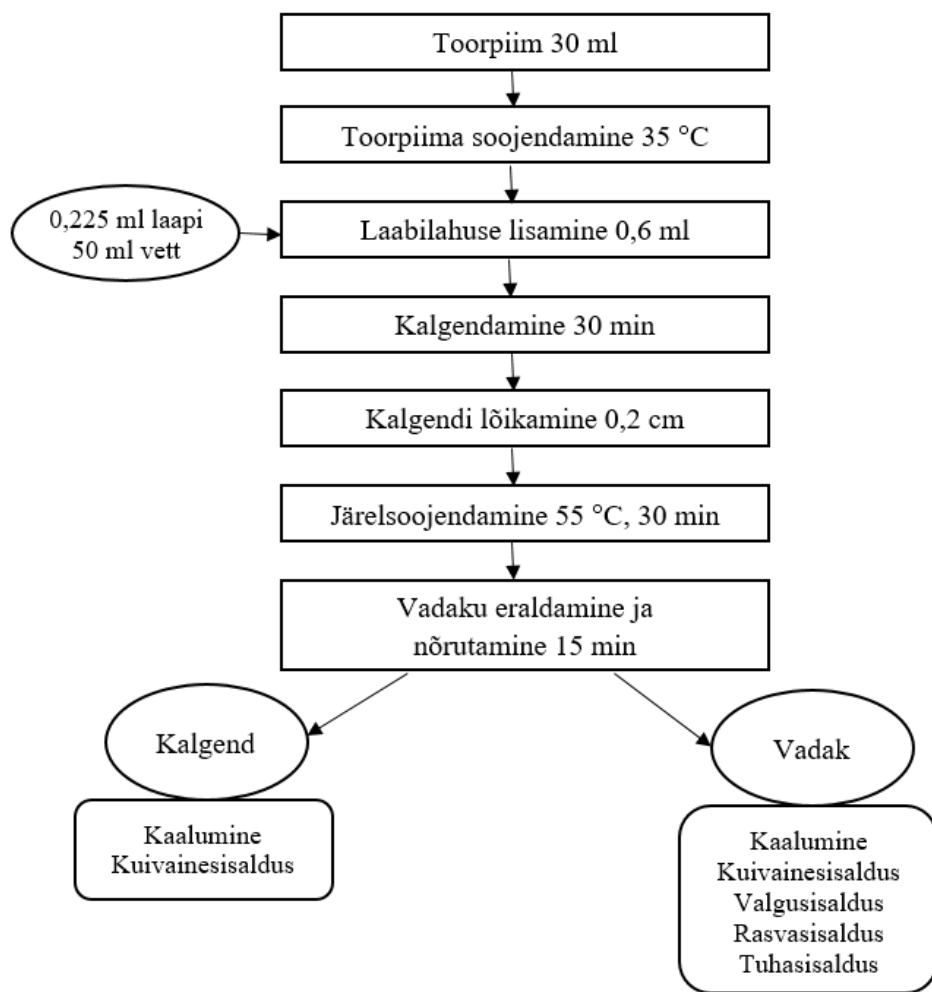
LAAPENSÜÜMI LISAMINE



Joonis 1. Laapumisdiagramm. R -laapumise aeg, K_{20} -aeg, mille jooksul kalgendi tugevus saavutab graafikul 20 mm, A_{30} -kalgendi tugevus 30 minuti möödudes (mm). (Bittante *et al.* 2012).

2.4. Lambapiima juustukalgendi väljatuleku hindamine

Lambapiima juustukalgendi väljatuleku hindamiseks võeti iga lamba piimaproovist 30 ml. Piim soojendati 35 °C kraadini ja lisati 0,6 ml laabilahust (2,7 IMCU/ml). Laabilahus koosnes 0,225 ml laabist (Maxiren® 600 BF) ja 50 ml destilleeritud veest. Pärast laabilahuse lisamist toimus kalgendamise protsess 30 minutit. Pärast 30 minuti möödumist viidi läbi kalgendi lõikamine 0,2 cm suurusteks tükkideks. Seejärel toimus järelsoojendamine 55 °C kraadi juures 30 minutit. Järelsoojendamisele järgnes vadaku eraldamine ning pärast esialgset vadaku eraldamist nõrutati kalgendit veel 15 minutit. Kalgend ning, vadaku eraldamisel ja nõrutamisel eraldunud, vadak kaaluti (joonis 2).



Joonis 2. Juustukalgendi väljatuleku hindamise metoodika.

2.5. Statistiline andmetöötlus

Somaatiliste rakkude arv viidi üle logaritmilisele skaalale, et saavutada normaaljaotus ja see nimetati somaatiliste rakkude skooriks (SRS). Mittelaapuvatel piimaproovidel puuduvad R ja K_{20} väärtused ning halvasti laapuvatel proovidel K_{20} väärtused – puudevaid väärtusi ei võetud arvesse andmetöötluse teostamisel.

Lambapiima kalgendi koostis leiti arvutuslikul teel lambapiima ja vadaku koostise ning lambapiima, vadaku ja kalgendi koguse alusel massibilansi valemi põhjal:

$m = \frac{K * S}{100}$, kus m = koostiskomponendi mass (g), K = piima, vadaku või kalgendi kogus (g),

S = koostiskomponendi sisaldus (%).

$m_k = m_p - m_v$, kus m_k = koostiskomponendi mass kalgendis (g), m_p = koostiskomponendi kogus piimas (g), m_v = koostiskomponendi kogus vadakus (g).

$S_k = \frac{100 * m_k}{K_k}$, kus S_k = koostiskomponendi sisaldus kalgendis (%), m_k = koostiskomponendi mass kalgendis (g), K_k = kalgendi kogus (g).

Kõikide andmete statistiline analüüs teostati tabelitöötlusprogrammiga MS Excel. Keskmiste tulemuste võrdlemiseks kasutati funktsiooni T.TEST ja protseduuri *t-Test: Two Sample Assuming Unequal Variances*. Kogutud andmete vaheliste seoste uurimiseks kasutati lineaarset korrelatsioonianalüüsi korrelatsioonimaatriksil. Leitud erinevused ja seosed loeti statistiliselt oluliseks, kui olulisuse tõenäosuse p-väärtus oli $p < 0,05$.

3. TULEMUSED JA ARUTELU

3.1. Lambapiima koostis

Lambapiima koostisnäitajate statistilised karakteristikud on toodud tabelis 10. Analüüsitud lambapiima keskmine kuivainesisaldus oli 18,64%, madalaim leitud kuivainesisaldus oli 14,80% ja kõrgeim 27,73%. Lambapiima keskmine rasvasisaldus oli 7,76%, madalaim leitud rasvasisaldus oli 4,23% ja kõrgeim 14,75%. Lambapiima keskmine valgusisaldus oli 5,74%, madalaim leitud valgusisaldus oli 4,18% ja kõrgeim 8,65%. Kaseiini osakaal koguvalgust oli keskmiselt 75,37. Keskmine kaseiinisaldus lambapiimas oli 4,33%, madalaim leitud kaseiinisaldus oli 2,81% ja kõrgeim 6,96%. Lambapiima keskmine laktoosisisaldus oli 4,75%, madalaim leitud laktoosisisaldus oli 3,42% ja kõrgeim 5,44%. Nendest koostisosadest varieerus kõige rohkem rasvasisaldus (variatsioonikoefitsendiga 19,62%) ja kõige vähem varieerus laktoosisisaldus (variatsioonikoefitsendiga 7,47%).

Somaatiliste rakkude arv (SRA) erineb erinevate lammaste piimas väga suurel määral. Keskmine somaatiliste rakkude arv oli $1040,04 \times 10^3$ rakku/ml, madalaim somaatiliste rakkude arv oli 2×10^3 rakku/ml ja kõrgeim 24234×10^3 rakku/ml. Somaatiliste rakkude arvu varieeruvus oli uuritud näitajatest kõige suurem (variatsioonikoefitsent 324,17%). Jaeggi *et al.* (2005) töös analüüsitud lambapiima keskmine somaatiliste rakkude arv oli palju madalam, kui antud töös leiti. Leitner *et al.* (2016) töös leitud keskmine somaatiliste rakkude arv lambapiimas oli 1289×10^3 rakku/ml, mis sarnanes antud töös leitud keskmisele somaatiliste rakkude arvule ($1040,04 \times 10^3$ rakku/ml). Leitner *et al.* (2016) võrdlesid lamba- ja kitsepiima ning seega leiti, et kitsepiima keskmine SRA oli 2080×10^3 rakku/ml, mis oli kõrgem, kui lambapiima keskmine SRA. Siin töös leitud keskmine SRA ($1040,04 \times 10^3$ rakku/ml). sarnaneb kõige enam Martini *et al.* (2008) leitud lambapiima keskmise SRA-ga, mis oli $1031,42 \pm 546,77 \times 10^3$ rakku/ml

Lambapiima keskmine tuhasisaldus oli 0,89%, madalaim leitud tuhasisaldus oli 0,75% ja kõrgeim 1,11%. Tuhasisaldus varieerus kõigist koostisosadest kõige vähem (variatsioonikoefitsent 6,42%). Mineraalainetest leidis lambapiimas kõige enam kaltsiumi, fosforit ja kaaliumi, keskmise sisaldusega vastavalt 160,22 mg/100 g, 139,80 mg/100 g ja 135,43 mg/100 g. Lambapiima keskmine naatriumisisaldus oli 46,5 mg/100 g ja keskmine

magneesiumisisaldus oli 17,63 mg/100 g. Kaltsiumi- ja fosforisisaldused olid mineraalainete hulgast vähem varieeruvad (variatsioonikoefitsendid vastavalt 11,20% ja 14,39%); magneesiumi-, kaaliumi- ja naatriumisisalduste varieeruvused olid suuremad, kui 20%.

Tabel 10. Lambapiima koostisnäitajate statistilised karakteristikud.

Koostisosa	Keskmine \pm standardhälve	Miinumum	Maksimum	Variatsiooni-koefitsent, %
Rasv, %	7,76 \pm 1,52	4,23	14,75	19,62
Valk, %	5,74 \pm 0,86	4,18	8,65	15,00
Kaseiin, %	4,33 \pm 0,72	2,81	6,96	16,71
Kaseiini osakaal	75,37 \pm 5,00	52,32	86,53	6,64
Laktoos, %	4,75 \pm 0,36	3,42	5,44	7,47
Somaatiliste rakkude arv, 10 ³ rakku/ml	1040,04 \pm 3371,52	2,00	24234,00	324,17
SRS	4,90 \pm 0,92	3,30	7,38	18,71
Kuivaine, %	18,64 \pm 2,04	14,80	27,73	10,95
Tuhk, %	0,89 \pm 0,06	0,75	1,11	6,45
P, mg/100 g	139,80 \pm 20,11	80,65	206,13	14,39
Ca, mg/100 g	160,22 \pm 17,94	118,00	229,90	11,20
K, mg/100 g	135,43 \pm 33,50	80,50	195,90	24,74
Na, mg/100 g	46,5 \pm 13,85	19,30	78,20	29,78
Mg, mg/100 g	17,63 \pm 3,76	8,40	27,30	21,33

Märkus: SRS – somaatiliste rakkude skoor.

Antud uurimuses leitud lakooni tõugu piimalammaste piima koostisnäitajaid saab võrrelda ka teistes uurimustes leitud tulemustega. Sarda tõugu lammaste piima koostist analüüsiti Addis *et al.* (2018) uurimuses enne sellest Pecorino Romano juustu tootmist. Sarda tõugu lammaste piima rasvasisaldus oli 6,77 \pm 0,21%, mis on madalam, kui antud töös leitud lambapiima keskmine rasvasisaldus (7,76 \pm 1,52%). Kuid lambapiima kaseiinisaldus oli 4,2 \pm 0,2%, laktoosisaldus 4,33 \pm 0,16% ja kuivainesaldus (17,1 \pm 0,3%) sarnanesid antud töös leitud vastavate näitajatega. (Addis *et al.* 2018).

Antunac *et al.* (2007) töös analüüsiti ida-friisi tõugu piimalammaste piima koostist: 16,58 – 16,62% kuivainesisaldus, 5,87 – 6,03 % rasvasisaldus, 4,86 – 5,04% valgusisaldus, 4,77% laktoosisisaldus ning soomaatiliste rakkude skoor 5,22 – 5,28. Kuivainesisaldus, rasvasisaldus ja valgusisaldus olid antud töös veidi kõrgemad, laktoosisisaldused olid mõlemas töös sarnased, aga antud töös oli soomaatiliste rakkude skoor madalam, kui Antnuac *et al.* (2007) leitud soomaatiliste rakkude skoor.

Bittante *et al.* (2016) analüüsisid sarda tõugu lammaste piima ja nende poolt leitud lambapiima keskmine koostis: rasvasisaldus oli $6,35 \pm 1,19\%$, valgusisaldus $5,32 \pm 0,65\%$ ja kaseiinisaldus $4,14 \pm 0,54\%$. Võrreldes neid koostisnäitjate keskmisi väärtuseid antud töös leitud koostisnäitajatega, siis ka nende leitud rasvasisaldus oli madalam, aga valgu- ja kaseiinisaldus olid suhteliselt sarnased antud töös leitud väärtustega.

Figuroa *et al.* (2020) poolt teostatud uurimuses analüüsiti manchega tõugu lammaste piima ja nende leitud keskmised koostisnäitajate väärtused olid: rasvasisaldus $6,61 \pm 1,94\%$, valgusisaldus $5,74 \pm 0,84\%$, laktoosisisaldus $4,88 \pm 0,40\%$, kuivainesisaldus $18,13 \pm 2,47\%$ ning soomaatiliste rakkude skoor $5,33 \pm 0,68$. Nende poolt leitud lambapiima keskmine rasvasisaldus oli mõnevõrra madalam, kui antud töös leiti, aga leitud keskmine valgusisaldus on mõlemas töös $5,74\% \pm$ standardhälve. Ka laktoosi- ja kuivainesisaldus on mõlemas töös kooskõlas, aga soomaatiliste rakkude skoor oli antud töös madalam. Keskmine kuivainesisaldus Figuroa *et al.* (2020) töös oli $18,13 \pm 2,47\%$ ning antud töös oli see $18,64 \pm 2,04$.

Jaeggi *et al.* (2005) uurisid lammaste (ida-friisi tõu ristandid) piima koostist ja sellest kõva tüüpi juustu valmistamisega seotud näitajaid erinevatel aastaaegadel ühe laktatsiooniperioodi vältel (piima koguti veebruaris, mais ja augustis). Lambapiima kuivainesisaldus vastavalt kuudele oli: $19,28 \pm 0,14\%$, $18,81 \pm 0,20$, $17,29 \pm 0,40$). Veebruaris, mais ja augustis leitud lambapiima koostisnäitajad olid: rasvasisaldus vastavalt kuudele $7,58 \pm 0,03\%$, $6,74 \pm 0,12\%$ ja $6,59 \pm 0,09\%$, valgusisaldus vastavalt kuudele $5,74 \pm 0,02\%$, $5,61 \pm 0,08\%$ ja $5,41 \pm 0,05\%$, kaseiinisaldus vastavalt kuudele $4,34 \pm 0,02\%$, $4,33 \pm 0,08\%$ ja $4,25 \pm 0,06\%$. Antud töös leitud lambapiima keskmine koostis vastab kõige enam Jaeggi *et al.* (2005) töös analüüsitud veebruarikuu piima koostisele.

Manca *et al.* (2016) uurisid oma töös sarda tõugu lammaste piima koostist, laapumisomadusi ja juustukalgendi väljatulekut ning leidsid, et lambapiima keskmine koostis oli: rasvasisaldus $6,00 \pm 1,38\%$, valgusisaldus $5,41 \pm 0,68\%$, kaseiinisaldus $4,20 \pm 0,55\%$, laktoosisisaldus $4,83 \pm 0,42\%$ ja soomaatiliste rakkude skoor $4,31 \pm 2,03$. Võrreldes Manca *et al.* (2016) leitud koostisnäitajate keskmiste väärtustega olid antud töös leitud rasva-, valgu- ja kaseiinisaldus ja soomaatiliste rakkude skoor kõrgemad, aga laktoosisisaldus madalam.

Martini *et al.* (2008) uurisid massese tõugu lammaste piima ning nende leitud lambapiima keskmine koostis oli: kuivainesisaldus $17,57 \pm 0,88\%$, rasvasisaldus $6,41 \pm 0,82\%$, valgusisaldus $5,77 \pm 0,42\%$, kaseiinisaldus $4,76 \pm 0,68\%$, laktoosisisaldus $4,50 \pm 0,22\%$, tuhasisaldus $0,89 \pm 0,05\%$. Nende leitud lambapiima keskmine kuivaine- ja rasvasisaldus olid mõnevõrra madalamad, kui antud töös leitud, aga teised koostisnäitajad sarnanesid antud töös leitudega.

3.2. Lambapiima pH ja laapumisomadused

Lambapiima keskmine laapumise aeg (R) oli 11,35 minutit, lühim leitud laapumise aeg oli 6,18 minutit ja kõige pikem leitud laapumise aeg oli 27,56 minutit. Keskmine kalgendi moodustumise intensiivsus (K_{20}) minutites oli 1,57 minutit. Kalgendi tugevuse näitajatest kõige varieeruvam oli kalgendi tugevus 60 minuti möödudes (A_{30}) variatsioonikoefitsendiga 23,41% ja kõige vähem varieeruv kalgendi tugevuse näitaja oli maksimaalne kalgendi tugevus (A_{\max}) variatsioonikoefitsendiga 10,87%. Keskmine kalgendi tugevus 30 minuti möödudes oli 53,02 mm, 60 minuti möödudes oli keskmine kalgendi tugevus 44,41 mm ja keskmine maksimaalne kalgendi tugevus oli 59,18 mm (tabel 11).

Bittante *et al.* (2016) leidsid oma töös, et lambapiima keskmiseks laapumise ajaks (R) $8,01 \pm 4,91$ minutit, mis oli lühem, kui antud töös leitud laapumise aeg ($11,35 \pm 3,92$ min). Manca *et al.* (2016) töös leitud lambapiima laapumise aeg oli $13,39 \pm 4,45$ minutit, mis on pikem, kui antud töös leitud keskmine laapumise aeg. Martini *et al.* (2008) uurimuses leitud lambapiima keskmine laapumise aeg oli $12,83 \pm 5,03$ minutit, mis oli samuti pikem, kui antud töös leitud lambapiima laapumise aeg.

Keskmine kalgendi moodustumise intensiivsus (K_{20}) oli Bittante *et al.* (2016) töös $2,00 \pm 0,78$ minutit, mis sarnanes antud töös leitud kalgendi moodustumise intensiivsusega, mis oli $1,57 \pm 1,15$ minutit. Manca *et al.* (2016) poolt leitud kalgendi moodustumise intensiivsus oli $1,75 \pm 0,73$ minutit. Martini *et al.* (2008) leitud kalgendi moodustumise intensiivsus $1,22 \pm 0,41$ minutit.

Bittante *et al.* (2016) leitud keskmine kalgendi tugevus 30 minuti möödudes oli $52,9 \pm 13,0$ mm ja 60 minuti möödudes oli keskmine kalgendi tugevus $43,5 \pm 16,6$ mm ja need mõlemad kalgendi tugevuse näitajad on kooskõlas antud töös leitud väärtustega. Manca *et al.* (2016) töös leitud lambapiima kalgendi tugevus 30 minuti möödudes $54,99 \pm 12,10$ mm. Martini *et al.* (2008) uurimuses oli kalgendi tugevus 30 minuti möödumisel $35,31 \pm 8,15$ mm, mis oli palju madalam võrreldes antud töös leitud keskmise kalgendi tugevusega 30 minuti möödumisel (53.02 ± 9.87 mm).

Tabel 11. Lambapiima pH ja laapumisnäitajate statistilised karakteristikud.

Näitaja	Keskmine \pm standardhälve	Miinumum	Maksimum	Variatsioonikoefitsent
R, min	$11,35 \pm 3,92$	6,18	27,56	34,57
K20, min	$1,57 \pm 1,15$	0,12	9,31	73,73
A30, mm	$53,02 \pm 9,87$	10,30	67,13	18,62
A60, mm	$44,41 \pm 10,40$	16,35	65,66	23,41
Amax, mm	$59,18 \pm 6,43$	41,16	70,07	10,87
pH	$6,61 \pm 0,11$	6,34	6,98	1,73

Lambapiima laktoosisisalduse tõusmisel, langeb vastavalt sellele somaatiliste rakkude skoor ja tõuseb selle pH-väärtus (happesus langeb) (Vacca *et al.* 2019). Suurema somaatiliste rakkude skooriga lambapiima laapumise aeg on pikem (Pazzola *et al.* 2018). Lambapiima keskmine pH-väärtus oli 6,61 ning see varieerus väga väikestes piirides. Madalaim mõõdetud pH-väärtus oli 6,34 ja kõrgeim mõõdetud pH-väärtus oli 6,98. Antud töös leitud lambapiima pH-väärtus on kooskõlas Antunac *et al.* (2007), Martini *et al.* (2008), Bittante *et al.* (2016), Addis *et al.* (2018),

Figuroa *et al.* (2020) leitud pH-väärtustega, nendes artiklitest leitud keskmised pH-väärtused olid vahemikus 6,61 – 6,68.

Suurema rasvasisaldusega lambapiimal on lühem laapumise aeg, aga piima rasvasisaldus ei mõjuta nii olulisel määral kalgendi moodustumise intensiivsust ega kalgendi tugevust. Samas piima suurem valgusisaldus pikendab piima laapumise aega ja see tuleneb sellest, et laabis sisalduv kümosiin vajab suurema valgusisalduse puhul rohkem aega κ -kaseiini hüdrolüüsiks. Kaseiinimitsellide agregatsioon toimub siis, kui enam kui 60 – 80% κ -kaseiinist on hüdrolüüsitud (Vacca *et al.* 2019).

Lambapiima koostise ja laapumisomaduste vahelised seosed on kirjeldatud Kask (2020) magistritöös. Kalgendi tugevuse 30 minuti möödudes (A_{30}) ja laapumise aja (R) vahel leiti tugev statistiliselt oluline seos ($r=-0,75$, $p<0,001$) ehk mida lühem oli laapumise aeg, seda tugevam oli kalgend 30 minuti möödudes. Laapumise ajaga leiti sarnased, kuid nõrgemad seosed ka kalgendi tugevuse näitajatega A_{60} ($r=-0,40$, $p<0,001$) ja A_{max} ($r=-0,62$, $p<0,01$). K_{20} ja kalgendi tugevuse näitajate (A_{30} , A_{60} , A_{max}) vahel leiti negatiivsed seosed ehk mida kiirem kalgendi moodustumise intensiivsus, seda tugevam kalgend tekib. Laapumise aja (R) ja kalgendi moodustumise intensiivsuse (K_{20}) vahel leiti statistiliselt oluline positiivne seos – mida lühem on laapumise aeg, seda kiirem on ka kalgendi moodustumise intensiivsus ja vastupidi. (Kask 2020).

Lambapiima laapumise aega (R), kalgendi tugevust 30 minuti möödudes (A_{30}) ja kalgendi maksimaalset tugevust (A_{max}) mõjutavad kõige rohkem valgu-, rasva-, laktoosi-, kuivaine- ja tuhasisaldus. Suurema valgu-, rasva-, kuivaine- ja tuhasisalduse korral on lambapiima laapumise aeg pikem ning tekib nõrgem kalgend. Suurema laktoosisisalduse korral on laapumise aeg lühem ning tekkinud kalgend on tugevam. Lambapiima kalgendi tugevust 60 minuti möödudes (A_{60}) ja kalgendi maksimaalset tugevust (A_{max}) mõjutavad peamiselt valgu-, laktoosi-, ja kuivainesisaldus ning pH. Mida väiksem on valgu- ja kuivainesisaldus ning mida suurem on laktoosisisaldus, seda tugevam on tekkiv kalgend. pH-väärtusel on statistiliselt oluline mõju kõigile laapumisomadustele (v.a K_{20}) statistiliselt olulisel määral. Madalama pH-väärtuse korral on laapumisomadused üldiselt paremad, see tähendab, et laapumisaeg on lühem ning kalgend on tugevam. (Kask 2020).

Mineraalainete ja laapumisomaduste vahel leiti väga vähe olulisi seoseid, vaid, et magneesiumisisaldus mõjutab olulisel määral kalgendi tugevust 30 minuti möödudes (A_{30}) – mida madalam magneesiumisisaldus, seda tugevam kalgend. Piima laapumist vaadeldi kokku 60 minuti jooksul, kuid suurem osa piimaproove oli moodustanud tugeva kalgendi juba 30 minuti möödudes ning 60 minuti jooksul olid proovid juba tugevalt süneeresunud. Seetõttu olid erinevad seosed näitajaga A_{30} tugevamad, kui seosed näitajaga A_{60} . (Kask 2020).

Kõigist analüüsitud piimaproovidest ($n=180$) moodustas 11,1% ($n=20$) piimaproovide hulk, mille puhul kalgend ei moodustunud. Nende proovide puhul ei saanud määrata ka kalgendi väljatulekut ja väljatulekuga seotud näitajaid. Võrreldes normaalsete piimaproovide ja kalgendit mittemoodustavate piimaproovide koostisosade keskmiste sisalduste erinevusi selgus, et normaalselt laapuvate ja mittelaapuvate piimaproovide koostise vahel on statistiliselt olulised erinevused. Mittelaapuvate piimaproovide kuivaine-, rasva-, valgu-, kaseiini-, tuha-, naatriumi- ja magneesiumisisaldus on veidi kõrgem, kui normaalselt laapuvatel piimaproovidel. Laktoosisisaldus oli mittelaapuvatel proovidel kõrgem, kui normaalselt laapuvatel proovidel. Erinevus puudus somaatiliste rakkude arvu, fosfori-, kaltsiumi- ja kaaliumisisalduse puhul.

Antud töös oli mittelaapuvate proovide arv 11,1%. Sánchez-Mayor *et al.* (2019) Hispaanias assaf tõugu piimalammaste piima uurimuses, mille valimisse kuulus 1143 lammast kolmest karjast, oli mittelaapuvate piimaproovide osakaal 13%. Samuti leidsid Vacca *et al.* (2019), et ka sarda tõugu piimalammaste puhul oli mittelaapuvate piimaproovide osakaal 10%. On võimalik, et lammaste puhul on ~10% loomulik loomade osakaal, kelle piim ei laapu.

Ka Figueroa *et al.* (2020) töös leiti sarnased seosed laapuvate ja mittelaapuvate piimaproovide vahel. Leiti, et laapuvate ja mittelaapuvate piimaproovide puhul on piima koostise erinevused statistiliselt olulised, laapuvates ja mittelaapuvates proovides oli piima rasva-, valgu-, laktoosisisaldus ja somaatiliste rakkude skoor erinevad. Rasva- ja valgusisaldus olid mittelaapuvates proovides kõrgemad ja laktoosisisaldus madalam, kui laapuvates proovides. Somaatiliste rakkude skoor oli mittelaapuvates proovides kõrgem. (Figueroa *et al.* 2020).

Leiti, et väiksema valgu-, rasva-, kaseiini- ja kuivainesisalduse ning suurema laktoosisisalduse korral olid laapumisomadused paremad. Kask (2020) on järeldanud, et selline tulemus on ebatavaline, sest tavapäraselt on piima suurem rasva-, valgu- ja kaseiinisaldus

laapumisomadusi parandava mõjuga – moodustub tugevam kalgend ning laapumisaeg on lühem. (Kask 2020).

3.3. Lambapiima kalgendi koostis ja väljatulek

Lambapiima juustukalgendi väljatuleku hindamiseks kulus 30 ml piima. Lambapiima juustukalgendi keskmine koostis oli (tabel 12): rasvasisaldus $21,74 \pm 3,90\%$, valgusisaldus $13,75 \pm 3,90\%$, laktoosisisaldus $3,61 \pm 0,86\%$ ja tuhasisaldus $1,77 \pm 0,30\%$. Juustukalgendi kuivainesisaldus määrati eksperimentaalsel teel ja ka arvutuslikul teel. Eksperimentaalsel teel määratud juustukalgendi keskmine kuivainesisaldus oli $41,79 \pm 6,35\%$, aga arvutuslikul teel leiti, et keskmine juustukalgendi kuivainesisaldus võis olla $50,77 \pm 0,30\%$.

Tabel 12. Lambapiima kalgendi ja vadaku keskmine koostis.

	Keskmine \pm standardhälve	Miinum	Maksimum	Variatsiooni- koefitsent, %
Vadak				
Kogus, g	$20,46 \pm 2,57$	6,78	24,86	12,56
Rasv, %	$0,40 \pm 0,33$	0,13	2,92	82,54
Valk, %	$1,47 \pm 0,27$	0,95	3,37	18,47
Laktoos, %	$5,40 \pm 0,41$	3,90	7,70	7,56
Kuivaine, %	$7,86 \pm 0,55$	6,94	12,26	6,96
Tuhk, %	$0,42 \pm 0,13$	0,05	0,68	29,87
Kalgend				
Kogus, g	$10,72 \pm 2,32$	7,62	24,51	21,59
Rasv, %	$21,74 \pm 3,90$	11,76	30,09	17,95
Valk, %	$13,75 \pm 2,22$	7,47	19,48	16,15
Laktoos, %	$3,61 \pm 0,86$	-0,58	6,17	23,96
Kuivaine, % (mõõdetud)	$41,79 \pm 6,35$	18,84	54,18	15,19
Kuivaine, % (arvutatud)	$50,77 \pm 0,30$	18,07	68,84	15,87
Tuhk, %	$1,77 \pm 0,30$	1,22	3,04	17,04

Kalgendi kogus varieerus rohkem, kui vadaku kogus. Vadaku koguse varieeruvus oli 12,56%, aga kalgendi koguse varieeruvus oli 21,59%. Vadaku koostisesse jäi 7,86% kuivainet, millest enamuse moodustas laktoos, laktoosisisaldus vadakus oli 5,40%. Vadaku ja kalgendi koostise varieeruvuses oli suuri erinevusi. Vadakus oli kõige suurema varieeruvusega vadaku rasvasisaldus, variatsioonikoefitsendiga 82,54%. Vadaku kuivaine- ja laktoosisisalduse varieerusid kõige vähem, variatsioonikoefitsentidega vastavalt 6,96% ja 7,56%. Kalgendi koostise puhul oli laktoosisisaldus kõige varieeruvam, variatsioonikoefitsendiga 23,96%. Teiste kalgendi koostisosade varieeruvused jäid vahemikku 15,19 – 17,95%.

Addis *et al.* (2018) töös leitud vadaku koostis: kuivainesisaldus $7,91 \pm 0,15\%$, rasvasisaldus $1,13 \pm 0,12\%$ ning valgusisaldus $1,25 \pm 0,09\%$. Jaeggi *et al.* (2005) leitud vadaku koostis oli 8,70 – 9,50 % kuivainet, 1,16 – 1,46% rasva ja 1,54 – 1,75% valku.

Väärinduskoefitsendid näitavad, mitu protsenti piimas algselt leidunud koostiskomponendist kandus üle kalgendisse. Keskmiselt 34,60% piimaproovi massist konverteerus kalgendiks, keskmiselt 65,40% piimast jäi vadakuks (tabel 13). Lambapiima kuivainest keskmiselt 56,94% konverteerus kalgendiks ning 43,06% piima kuivainest läks vadakusse kaduma. Piima rasv läks piimast kalgendisse üle peaaegu täielikult: väärinduskoefitsent rasvale oli keskmiselt 94,85%. Piima valgust konverteerus kalgendiks keskmiselt 73,66%, seega läks vadakusse kaduma keskmiselt 26,34%. Väärinduskoefitsent mineraalainetele oli keskmiselt 51,82%, aga mineraalainete konverteerumine kalgendiks varieerus võrreldes teiste koostisosadega, v.a laktoos, kõige enam. Laktoos jääb peamiselt vadakusse ja võrreldes piimaga oli kalgendis 12,40% vähem laktoosi.

Tabel 13. Piima koostisainete väärimine juustukalgendisse.

Väärimuskoeffitsent	Keskmine \pm standardhälve	Miinum	Maksimum	Variatsioonikoeffitsent, %
Kalgendi väljatulek, %	34,60 \pm 7,47	24,58	79,05	21,59
Kuivaine, %	56,94 \pm 3,93	38,05	67,63	6,89
Rasv, %	94,85 \pm 3,77	64,46	97,88	3,98
Valk, %	73,66 \pm 3,23	48,50	80,97	4,39
Laktoos, %	-12,40 \pm 9,46	-69,70	13,90	76,27
Tuhk, %	51,82 \pm 14,86	19,89	94,34	28,68

Addis *et al.* (2018) arvutasid oma töös tegeliku juustu väljatuleku lambapiimast Pecorino Romano juustu valmistamisel ning leidsid, et see on $18,1 \pm 0,4\%$. Samas töös leitud rasva väärimuskoeffitsent oli $89,3 \pm 0,8\%$ ja valgu väärimuskoeffitsent oli $78,5 \pm 0,4\%$. Nende leitud rasva väärimuskoeffitsent oli madalam, aga valgu väärimuskoeffitsent oli kõrgem võrreldes antud töös leitud väärimuskoeffitsentidega.

Economides, Georgiades & Mavrogenis (1987) leidsid, et halloumi juustu valmistamisel oli lambapiima rasva väärimuskoeffitsent $86,98 \pm 0,79\%$ ja valgu väärimuskoeffitsent $78,62 \pm 0,49\%$, need väärimuskoeffitsendid sarnanevad pigem rohkem Addis *et al.* (2018) leitud väärimuskoeffitsentidega, kui antud töös leitud väärimuskoeffitsentidega. Võrreldes lehma- ja kitsepiimaga on lambapiima rasva- ja valgu väärimuskoeffitsendid kõige kõrgemad ja lamba- ja kitsepiima (50/50) segupiima kasutamisel halloumi juustu valmistamiseks on ka segupiima puhul tänu lambapiimale kõrgemad väärimuskoeffitsendid, kui ainult kitsepiima kasutamisel sama juustu valmistamiseks. (Economides, Georgiades & Mavrogenis 1987). Antud töös leitud rasva väärimuskoeffitsent oli kõrgem ja valgu väärimuskoeffitsent oli madalam.

Manca *et al.* (2016) analüüsisid juustukalgendi väljatulekut üksikute loomade piimast laboratoorselt ning leidsid, et keskmine lambapiima juustukalgendi väljatulek on $35,22 \pm 8,21\%$. See on kooskõlas antud töös leitud juustukalgendi väljatulekuga, mis oli $34,60 \pm 7,47\%$.

Jaeggi *et al.* (2005) töös uuriti lambapiima juustu valmistamisega seotud omadusi erinevatel aastaaegadel laktatsiooniperioodi jooksul. Leiti, et lambapiima rasva väärimuskoeffitsendid olid

83,8% veebruaris, 84,2% mais ja 83,2% augustis ja valgu vääranduskoefitsendid vastavalt 73,02%, 75,25%, 73,84%. Nii rasva kui ka valgu vääranduskoefitsent oli kõige kõrgem laktatsiooniperioodi keskpaigas ehk maikuus. Jaeggi *et al.* (2005) leitud rasva vääranduskoefitsendid olid madalamad, kui antud töös leiti, aga valgu vääranduskoefitsendid olid sarnased. Lisaks sellele järelitati Jaeggi *et al.* (2005) töös, et aastaegade vaheldumisel puudub statistiliselt oluline mõju lambapiima rasva ja valgu kalgendisse väärandamisele.

Vacca *et al.* (2019) töös on juustukalgendi väljatulekuga seotud näitajad grupeeritud piima koostise alusel. Vastavalt sellele, millisesse gruppi jäid antud töös leitud keskmised näitajad sai võrrelda antud töös ja Vacca *et al.* (2019) töös leitud piima koostisosade vääranduskoefitsente, juustukalgendi väljatulekut ja juustukalgendi kuivainesisaldust. Rasva vääranduskoefitsent oli vahemikus 86,47% - 86,79%, mis oli madalam, kui antud töös leitud rasva vääranduskoefitsent. Samas valgu vääranduskoefitsent oli vahemikus 81,00% - 81,27% ja kuivaine vääranduskoefitsent vahemikus 66,78% - 67,92%, mis olid kõrgemad, kui antud töös leitud valgu ja kuivaine vääranduskoefitsendid. Nende leitud juustukalgendi väljatulek (25,86% - 27,56%) ja juustukalgendi kuivainesisaldus (11,92% - 12,98%) olid madalamad, kui antud töös leiti.

Tugevas lambapiima kalgendis on ka suur rasva-, valgu-, laktoosi-, kuivaine- ja mineraalainete sisaldus, aga samas on saadava kalgendi kogus väiksem (tabel 14). Lühema laapumise ajaga ja kiirema kalgendi tekkimise intensiivsusega saadud kalgend on madalama rasva-, laktoosi-, kuivaine- ja mineraalainete sisaldusega, samas, kui laapumise aeg on pikem on ka kalgendi rasva-, laktoosi-, kuivaine- ja mineraalainete sisaldus suuremad.

Tabel 14. Lambapiima koostise ja laapumisomaduste ja kalgendi koostise vahelised korrelatiivsed seosed.

<div>Kalgend Piim</div>	Kalgendi kogus	Rasv, %	Valk, %	Laktoos, %	Kuivaine, % (määratud)	Kuivaine, % (arvutatud)	Tuhk, %
Rasv, %	0,41***	-0,38***	-0,08	-0,34***	0,37**	0,03	- 0,32***
Valk, %	0,37***	-0,34***	-0,05	-0,33***	0,23**	-0,03	- 0,30***
Laktoos, %	-0,45***	0,34***	0,01	0,26***	0,02	-0,22**	0,33***
Kuivaine, %	0,25***	-0,40***	-0,14	-0,40***	0,37***	-0,25***	- 0,27***
Tuhk, %	0,56***	-0,24**	-0,08	-0,23***	-0,27***	0,41***	- 0,45***
R, min	0,66***	-0,57***	-0,02	-0,58***	-0,44***	0,38***	- 0,53***
K20, min	0,22**	-0,48***	-0,01	-0,32***	-0,20**	0,22**	- 0,30***
A30, mm	-0,42***	0,75***	0,60***	0,77***	0,49***	-0,37***	0,42***
A60, mm	-0,20***	0,45***	0,93***	0,56***	0,37***	-0,22**	0,18*
Amax, mm	-0,43***	0,76***	0,68***	0,86***	0,56***	-0,38***	0,44***

Märkus: $p < 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$

Tabelis 15 on toodud lambapiima kalgendi väljatuleku ja koostise vääranduskoefitsentide korrelatiivsed seosed piima koostise ja laapumisnäitajatega. Kõige enam mõjutasid piima koostis ja laapumisomadused kalgendi massi väljatulekut, kalgendi kuivaine vääranduskoefitsenti ja mineraalainete vääranduskoefitsenti. Piima kõrgem kuivaine-, rasva-, valgu-, ja kaseiinisaldus ning madalam laktoosisaldus toetasid piima mineraalainete kandumist kalgendisse, kuid rasva vääranduskoefitsent jäi madalamaks ning valgu kalgendisse väärandamisele piima peamiste koostiskomponentide sisaldused statistiliselt olulist mõju ei avaldanud. Mida suurem on piima kuivaine-, rasva-, valgu-, kaseiini- ja mineraalainetesaldus, seda suurem on kalgendi väljatulek. Piima suurema fosfori, kaltsiumi, naatriumi ja magneesiumi sisalduse puhul on kalgendi väljatulek ja kuivaine vääranduskoefitsent suurem. Leiti statistiliselt oluline nõrk positiivne seos piima naatriumisalduse ja valgu vääranduskoefitsendi vahel ($r=0,15$, $p < 0,05$), mis tähendab, et mida suurem on piima naatriumsaldus, seda rohkem piima

valku kalgendisse väärindatakse. Kõrgema somaatiliste rakkude arvuga piimast saadi rohkem kalgendit, aga saadud kalgendisse oli väärindatud vähem piima kuivainet. Järelikult kõrgema SRA puhul on kalgendist vadaku eraldumine raskendatud.

Piima laapumise aja (R) ja kalgendi väljatuleku vahel leiti keskmise tugevusega positiivne seos ($r=0,66$, $p<0,001$) ehk piima pikemat laapumise aega võib seostada suurema kalgendi väljatulekuga. Nõrk positiivne seos leiti kalgendi moodustumise intensiivsuse (K_{20}) ja kalgendi väljatuleku vahel ($r=0,22$, $p<0,01$) ehk mida pikem aeg kulub kalgendi 20 mm tugevuse saavutamiseks, seda suurem on kalgendi väljatulek.

Kalgendi tugevusega seotud näitajate ja kalgendi väljatuleku vahel leiti statistiliselt olulised negatiivsed seosed ($A_{30} r=-0,42$, $p<0,001$, $A_{60} r=-0,20$, $p>0,01$, $A_{max} r=-0,43$, $p<0,001$). Mida tugevam kalgend tekib, seda väiksem on kalgendi väljatulek, aga tugevama kalgendi puhul on kalgendisse väärindatud rohkem piima kuivainet. Tugevama kalgendi saamisel on tekkiva kalgendi kogus väiksem, aga sellesse on, võrreldes nõrgama kalgendiga, väärindatud paremini piima rasva ja valku. Tugevam kalgend sisaldab endas vähem vadakut ja seetõttu on kalgendi väljatulek massi poolest väiksem. Tugevama kalgendi puhul on ka piimast kalgendisse üleminevate mineraalainete osakaal madalam, sest mineraalained sisalduvad peamiselt vadakus, aga tugevast kalgendist on vadak suuremal määral eraldunud, kui nõrgast kalgendist.

Piima kõrgema pH-väärtuse puhul on kalgendi väljatulek suurem ($r=0,23$, $p<0,01$), sest piima kõrgema pH-väärtuse juures ei toimu sünerees nii intensiivselt, kui madala pH-väärtuse puhul ja rohkem vadakut jääb kalgendisse suurendades seega kalgendi massi, aga samas tekkiv kalgend on nõrk ja pehme/vedel mass. Madala pH-väärtuse puhul on piimast kalgendisse ülemineva kuivaine kogus suurem.

Tabel 15. Kalgendi väljatuleku ja koostise vääranduskoefitsientide korrelatiivsed seosed piima koostise ja laapumisnäitajatega.

Piim \ Kalgend	Väljatulek, %	Vääranduskoefitsient, %			
		Kuivaine	Valk	Rasv	Tuhk
Rasv, %	0,41***	0,53***	0,01	-0,17*	0,48***
Valk, %	0,37***	0,52***	0,07	-0,15*	0,37***
Kaseiin, %	0,33***	0,54***	0,12	-0,15	0,35***
Kaseiini osakaal	-0,07	0,19*	0,12	-0,02	0,003
Laktoos, %	-0,45***	-0,31***	0,04	0,25***	-0,53***
logSRA	0,29***	-0,23**	-0,14	-0,17*	0,28***
Kuivaine, %	0,25***	0,72***	0,08	-0,11	0,31***
Tuhk, %	0,55***	0,07	-0,02	-0,12	0,35***
P, mg/100 g	0,26***	0,24**	-0,09	-0,06	0,07
Ca, mg/100 g	0,33***	0,25***	0,09	0,07	0,16*
K, mg/100 g	-0,03	-0,17*	-0,12	-0,11	0,08
Na, mg/100 g	0,21**	0,23**	0,15*	0,11	0,12
Mg, mg/100 g	0,18*	0,42***	0,06	0,10	0,19*
R, min	0,66***	-0,08	0,16*	-0,18**	0,47***
K ₂₀ , min	0,22**	-0,06	-0,18*	-0,26***	0,32***
A ₃₀ , mm	-0,42***	0,37***	0,20**	0,37***	-0,29***
A ₆₀ , mm	-0,20**	0,37***	0,06	0,17*	-0,03
A _{max} , mm	-0,43***	0,46***	0,21**	0,34***	-0,17*
pH	0,23**	-0,42***	-0,05	-0,01	0,03

Märkus: p<0,05*, p<0,01**, p<0,001***

Lühema laapumise aja (R) puhul on kalgendisse väärandatud vähem valku, aga rohkem rasva. Kalgendi tekkimise intensiivsuse ja valgu ning rasva vääranduskoefitsientide vahel leiti nõrgad negatiivse suunaga statistiliselt olulised seosed, see tähendab, et, mida vähem aega kulub kalgendi tugevnemiseks, seda rohkem väärandatakse sellesse piima rasva ja valku. Pikema laapumise aja (R) ja madalama kalgendi tekkimise intensiivsuse (K₂₀) puhul väärandatakse kalgendisse rohkem piima mineraalaineid, see tuleneb sellest, rohkem vadakut jääb sellisel juhul

kalgendisse. Tugevama kalgendi puhul on piima mineraalainete ülekandumine kalgendisse väiksem.

Valgu väärinduskoefitsendi ja piima koostise ning laapumisomaduste vahel leitud seoste hulgast oli suurem osa seoseid nõrgad ja statistiliselt ebaolulised. Valgu väärinduskoefitsendi puhul oleks võinud leiduda rohkem tugevaid seoseid teiste näitajatega, aga mingil põhjusel need välja ei tulnud.

Lambapiima kuivaine väärinduskoefitsent on suurem, kui on suured ka valgu- ja rasva väärinduskoefitsendid – mida rohkem piima valku ja rasva kalgendisse ülekandub seda suurem on ka kogu kuivaine piimast kalgendisse ülekandumine (tabel 16). Leiti statistiliselt oluline positiivne seos valgu- ja rasva väärinduskoefitsentide/väljatuleku vahel. Mida suurem on väärinduskoefitsent valgule, seda suurem on ka väärinduskoefitsent rasvale ja vastupidi. Statistiliselt oluline positiivne seos oli ka tuha väärinduskoefitsendi ja kalgendi väljatuleku vahel – mida suurem on lambapiima tuhasisaldus, seda suurem on tekkiva kalgendi kogus. Statistiliselt oluline negatiivne seos leiti rasva väärinduskoefitsendi ja tuha väärinduskoefitsendi vahel. Mida rohkem on rasva kalgendisse väärindatud, seda madalam on mineraalainete väärinduskoefitsent ja vastupidi. Suurema väljatulekuga kalgend sisaldab suurel määral vadakut, mis tõstab kalgendi mineraalainete sisaldust ja seega on väiksem rasva osakaal kalgendis. Mida vähem piima kuivainet kalgendisse väärindatakse, seda vähem saadakse kalgendit. Statistiliselt oluline seos puudus valgu väärinduskoefitsendi ja kalgendi väljatuleku vahel.

Juustukalgendi väljatulek suureneb vastavalt piima rasva- ja valgusisalduse suurenemisele, samas piima valgusisaldusel võrreldes rasvasisaldusega on suurem mõju juustukalgendi väljatulekule (Vacca *et al.* 2019). Lambapiima kalgendi kuivainesisaldus on suurema piima rasva- ja valgusisalduse puhul samuti suurem (Vacca *et al.* 2019). Mida suurem on lambapiima valgu väärindamine kalgendisse, seda madalam on kalgendi veesisaldus (Vacca *et al.* 2019). Suurema valgusisaldusega lambapiima rasva väärindamine kalgendisse on suurem ning see tuleneb sellest, et suurma valgusisaldusega piimast saadav kalgend suudab oma maatriksisse paremini rasva siduda (Vacca *et al.* 2019).

Tabel 16. Kalgendi väljatuleku ja koostise väärinduskoefitsientide omavahelised korrelatiivsed seosed.

	Väljatulek	Kuivaine	Valk	Rasv
Kuivaine	-0,15*			
Valk	0,01	0,37***		
Rasv	-0,18*	0,36***	0,56***	
Tuhk	0,45***	0,07	0,09	-0,47***

Märkus: p<0,05*, p<0,01**, p<0,001***

Lambapiima puhul on laapumisomaduste ja juustu väljatulekuga seotud näitajate omavahelisi seoseid üksikute loomade tasemel vähe uuritud ning samal teemal tehtud lehmapiima uurimuste tulemusi ei saa lambapiimale otseselt üle kanda, sest lehma- ja lambapiima laapumisomadused ei järgi ühesugust mustrit – lambapiima kalgendi moodustumise ja süneresi toimumise intensiivsus on suuremad võrreldes lehmapiimaga (Vacca *et al.* 2019).

Bittante *et al.* (2016) leidsid, et lambapiima suurem rasvasisaldus võimaldab saada tugevama kalgendi, aga samas leiti, et piima suurem valgu- ja kaseiinisaldus pikendavad laapumise aega. Kiirema kalgendi moodustumise intensiivsusega piima puhul oli piima koostisosade kalgendisse väärindamine efektiivsem ja seetõttu ka kalgendi kuivainesisaldus suurem (Vacca *et al.* 2019). Vacca *et al.* 2019 leidsid, et piima koostisosade sisaldused (rasv, valk ja laktoos) omasid juustu väljatulekuga seotud näitajatele suuremat mõju, kui laapumisomadused ja laapumisomadustest oli kõige suurem mõju juustu väljatulekuga seotud näitajatele kalgendi moodustumise intensiivsusel.

Seosed kitsepiima puhul, laapumisomaduste mõju juustukalgendi väljatulekule ja väärinduskoefitsientidele. Mida suurem on kitsepiima rasva väärindamine kalgendisse, seda madalam on kalgendi veesisaldus ja suurem on juustukalgendi väljatulek. Mida suurem on kalgendi moodustumise intensiivsus, seda suurem on juustukalgendi väljatulek ja juustukalgendi kuivainesisaldus. (Vacca *et al.* 2020)

Ka Pazzola *et al.* (2019) uurimuses seoses kitsepiima koostise mõjuga piima juustukalgendi väljatulekuga seotud omadustele. Mida suurem oli kitsepiima rasvasisaldus, seda suurem

juustukalgendi väljatulek, sest vastavalt rasvasisalduse suurenemisele suurenes erinevate piima koostisosade väärimine kalgendisse. Piima valgusisalduse suurenemine mõjutas rasva ja kuivaine väärimist kalgendisse. Suurema rasva- ja valgusisaldusega kitsepiima puhul on juustukalgendi väljatulek suurem ja samuti ka piima koostisosade väärimine kalgendisse efektiivsem.

Paremate laapumisomadustega piima puhul saadi vähem kalgendit, aga saadav kalgend sisaldas rohkem piima kuivainet, seal hulgas rasva ja valku. Heade laapumisomadustega piimast saadav kalgend eraldab paremini vadakut. Paremate laapumisomadustega piimast konverteeritakse valku piimast kalgendisse efektiivsemalt.

Ainult piima valgu- ja kaseiinisalduse põhjal ei saa teha juustupiima sobivuse kohta nii häid järeldusi, kui laapumisomaduste põhjal teha saab. Laapumisomaduste määramine võimaldab saada täpsemat informatsiooni piima juustusobivuse kohta.

KOKKUVÕTE

Magistritöö eesmärgiks oli välja selgitada, milline on lambapiima koostise ja laapumisomaduste mõju juustukalgendi koostisele ja väljatulekule. Lähtuvalt eesmärgist püstitati hüpotees, et lambapiima koostis ja laapumisomadused mõjutavad piima koostiskomponentide väärimist juustukalgendisse.

Töö eesmärgi saavutamiseks analüüsiti Viinamärdi talu lakooni tõugu lammaste piima teisest kuni seitsmenda laktatsiooniperioodi kuuni, valimisse kuulus 30 lammast. Määrati lambapiima koostis (rasva-, valgu-, kaseiini-, laktoosi-, kuivaine-, tuha-, mineraalainete (P, Ca, K, Na, Mg) sisaldused), soomaatiliste rakkude arv), pH, laapumisomadused (laapumise aeg, kalgendi moodustumise intensiivsus, kalgendi tugevus) ning juustukalgendi väljatulekuga seotud näitajad (kalgendi koostis, piima koostiskomponentide kalgendisse väärimise väärimuskoeffitsendid).

Andmeanalüüsil leiti alljärgnevad tulemused:

- Lambapiima keskmine koostis oli: kuivainesisaldus 18,64%, rasvasisaldus 7,76%, valgusisaldus oli 5,74%, kaseiinisaldus 4,33%, laktoosisisaldus 4,75%, tuhasisaldus 0,89%.
- Lambapiima keskmine laapumise aeg (R) oli 11,35 minutit. Keskmine kalgendi moodustumise intensiivsus (K_{20}) minutites oli 1,57 minutit. Keskmine kalgendi tugevus 30 minuti möödudes (A_{30}) oli 53,02 mm, 60 minuti möödudes (A_{60}) oli keskmine kalgendi tugevus 44,41 mm ja keskmine maksimaalne kalgendi tugevus (A_{max}) oli 59,18 mm.
- Juustukalgendi keskmine väljatulek oli 34,60% ehk keskmiselt 34,60% piimaproovi massist konverteerus kalgendiks ja seega keskmiselt 65,40% piimast jäi vadakuks.
- Lambapiima juustukalgendi keskmine koostis: kuivainesisaldus $41,79 \pm 6,35\%$, rasvasisaldus $21,74 \pm 3,90\%$, valgusisaldus $13,75 \pm 3,90\%$, laktoosisisaldus $3,61 \pm 0,86\%$ ja tuhasisaldus $1,77 \pm 0,30\%$.
- Lambapiima kuivainest keskmiselt 56,94% konverteerus kalgendiks ning 43,06% piima kuivainest läks vadakusse kaduma.

- Piima rasv läks piimast kalgendisse üle peaaegu täielikult: väärimuskoeffitsient rasvale oli keskmiselt 94,85%.
- Piima valgust konverteerus kalgendiks keskmiselt 73,66% ja mineraalainetest keskmiselt 51,82%.
- Võrreldes teistes töodes leitud andmetega oli antud töös leitud rasva väärimuskoeffitsient kõrgem, aga valgu väärimuskoeffitsient veidi madalam.
- Piima kõrgem kuivaine-, rasva-, valgu-, ja kaseiinisaldus ning madalam laktoosisaldus toetasid piima mineraalainete kandumist kalgendisse, kuid rasva väärimuskoeffitsient jäi madalamaks.
 - Valgu kalgendisse väärimisele piima peamiste koostiscomponentide sisaldused statistiliselt olulist mõju ei avaldanud.
 - Mida suurem on piima kuivaine-, rasva-, valgu-, kaseiini- ja mineraalainetesisaldus, seda suurem on kalgendi väljatulek.
- Mida tugevam kalgend tekib, seda väiksem on kalgendi väljatulek, aga tugevama kalgendi puhul on kalgendisse väärimatud rohkem piima kuivainet.

Järeldused ja ettepanekud teema edasiseks uurimiseks:

- Piima laapumisomaduste määramine, lisaks koostise määramisele, võimaldab saada täpsemat informatsiooni piima juustusobivuse kohta.
- Vastavalt lambapiima koostiscomponentide kalgendisse väärimise väärimuskoeffitsientidele võib lambapiima juustuks väärimine olla majanduslikult tasuv.
- Eestis tuleks jätkata lambapiima koostise, laapumisomaduste ja juustukalgendi väljatulekuga seotud näitajate uurimist, näiteks võiks uurida lambapiima rasvhappelise koostist ja rasvagloobulite suurusjaotust ning nende seoseid laapumisomaduste ja juustukalgendi väljatulekuga.
- Lambapiima uuringutesse võiks kaasata rohkem piimalambafarme ja suuremat arvu lambaid.
- Edasistes lambapiima uuringutes võiks uurida ka sempoonsuse ja laktatsiooniperioodi mõju juustu väljatulekunäitajatele.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Abd-El-Gawad, M., Ahmed, N.S. (2011). Cheese yield as affected by some parameters. Review. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 10(2) 2011, 131-153. ISSN 1889-9594
- Addis, M., Pes, M., Fiori, M., Nieddu, G., Furesi, S., Pirisi, A. (2018). Effect of protein-to-fat ratio of sheep milk on the composition, rheological properties and yield of PDO Pecorino Romano cheese. Small Ruminant Research, Volume 162, 2018, Pages 1-7, ISSN 0921-4488, <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.03.009>.
- Antunac, N., Mioč, B., Mikulec, N., Kalit, S., Pecina, M., Havranek, J. & Pavić, V. (2007). Utjecaj paragenetskih čimbenika na proizvodnju i kvalitetu mlijeka istočnofrizijskih ovaca u Hrvatskoj. (The influence of some non-genetic factors on the production and quality of East Friesian sheep milk in Croatia). Mljekarstvo, 57 (3), 195-208. <https://hrcak.srce.hr/17440>
https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=26937&lang=en
- Attia, H., Kherouatou, N., Nasri, M., Khorchani, T. (2000). Characterization of the dromedary milk casein micelle and study of its changes during acidification. Le Lait, INRA Editions, 2000, 80 (5), pp.503-515.
- Balthazar, C., Pimentel, T., Ferrão, L., Almada, C., Santillo, A., Albenzio, M., Mollakhalili, N., Mortazavian, A., Nascimento, J., Silva, M., Freitas, M., Sant'Ana, A., Granato, D. and Cruz, A. (2017), Sheep Milk: Physicochemical Characteristics and Relevance for Functional Food Development. COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY, 16: 247-262. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12250>
- Barłowska, J., Szwajkowska, M., Litwińczuk, Z. and Król, J. (2011), Nutritional Value and Technological Suitability of Milk from Various Animal Species Used for Dairy Production. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 10: 291-302. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00163.x>
- Barłowska, J., Wolanciuk, A., Litwińczuk, Z., Król, J. (2012). Milk Proteins' Polymorphism in Various Species of Animals Associated with Milk Production Utility. Milk Protein (edited by Hurley, W.): Chapter 9.
- Barron, L.J.R., de Labastida, E.V., Perea, S., Chávarri, F., de Vega, C., Vicente, M.S., Torres, M.I., Nájera, A.I., Virto, M., Santisteban, A., Pérez-Elortondo, F.J., Albisu, M., Salmerón, J., Mendía, C., Torre, P., Ibáñez, F.C., de Renobales, M. (2001). Seasonal changes in the composition of bulk raw ewe's milk used for Idiazabal cheese manufacture, International Dairy Journal, Volume 11, Issue 10, 2001, Pages 771-778, ISSN 0958-6946, [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00120-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00120-0).
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694601001200>)
- Bencini, R., Pulina, G. (1997). The quality of sheep milk: a review. Australian Journal of Experimental Agriculture, 1997, 37, 485-504

- Bencini, R. (2002). Factors affecting the clotting properties of sheep milk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Volume 82, Issue 7. 15 May 2002. Pages 705-719 <https://doi.org/10.1002/jsfa.1101>
- Bittante, G., Penasa, M., Cecchinato, A. (2012). Invited review: Genetics and modeling of milk coagulation properties. *Journal of Dairy Science* Vol. 95 No. 12, 2012. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-5507>
- Bittante, G., Cipolat-Gotet, C., Pazzola, M., Dettori, M. L., Vacca, G., Cecchinato, A. (2016). Genetic analysis of coagulation properties, curd firming modeling, milk yield, composition, and acidity in Sarda dairy sheep. *Journal of Dairy Science*. 100. 10.3168/jds.2016-11212.
- Bornaz, S., A.L.I Sahli, A. Attalah and H. Attia. (2009), Physicochemical characteristics and renneting properties of camels' milk: A comparison with goats', ewes' and cows' milks. *International Journal of Dairy Technology*, Vol. 62: No. 4 November 2009 505-513. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2009.00535.x>
- Bramanti, E., C. H. Sortino, M. Onor, F. Beni and G. Raspi. 2003. Separation and determination of denatured α s1-, α s2-, β - and κ -caseins by hydrophobic interaction chromatography in cows', ewes' and goats' milk, milk mixtures and cheeses. *J Chromatogr. A* .994: 59–74
- Collomb, M., Bisig, W., Butikofer, U., Sieber, R., Bregy, M., Etter, L. (2008). Seasonal variation in the fatty acid composition of milk supplied to dairies in the mountain regions of Switzerland. *Dairy Sci. Technol.* 88: 631-47.
- De La Fuente, L.F., Barbosa, E., Carriedo, J.A., Gonzalo, C., Arenas, R., Fresno, J.M., San Primitivo, F. (2009). Factors influencing variation of fatty acid content in ovine milk, *Journal of Dairy Science*, Volume 92, Issue 8, 2009, Pages 3791-3799, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2151>.
- Dewettinck, K., Rombaut, R., Thienpont, N., Le, T.T., Messens, K., van Camp, J., 2008. Review: nutritional and technological aspects of milk fat globule membrane material. *Intern. Dairy J.* 18, 436–457. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.10.014>.
- Economides, S., Georgiades, E., Mavrogenis, A. P., & Institouto Geōrgikōn Ereunōn (Cyprus). (1987). The effect of different milks on the yield and chemical composition of halloumi cheese. Technical bulletin (Institouton Geōrgikōn Ereunōn (Cyprus)), 90. Nicosia, Cyprus: Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture and Natural Resources. <http://publications.ari.gov.cy/tb/1987/Technical%20Bulletin%2090%20full%20text,%201987.pdf>
- Figueroa, A., Caballero-Villalobos, J., Angón, E., Arias, R., Garzón, A., Perea, J.M. (2020). Using multivariate analysis to explore the relationships between color, composition, hygienic quality, and coagulation of milk from Manchega sheep, *Journal of Dairy Science*, Volume 103, Issue 6, 2020, Pages 4951-4957, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17201>.
- Haenlein, G.F.W. and W.L. Wendorff. 2006. Sheep Milk. In: *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals* (Editor: Park, Y.W., Haenlein, G.F.W.), Blackwell Publishing, Ames, Iowa, USA. pp. 137-194.

- Hallén, E. (2008). Coagulation Properties of Milk Association with Milk Protein Composition and Genetic Polymorphism. Doctoral Thesis Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. https://pub.epsilon.slu.se/1879/1/EH_kappa_EH.pdf
- Horne, D.S., Lucey, J.A. (2017). Rennet-Induced Coagulation of Milk. Chapter 5. Cheese – Chemistry, Physics & Microbiology. 4th Edition. Volume 1: General Aspects. Toim. McSweeney, P.L.H., Fox, P.F., Cotter, P.D., Everett, D.W. Elsevier Academic Press
- Inglingstad, R.A., Steinshamn, H., Dagnachew, B.S., Valenti, B., Criscione, A., Rukke, E.O., Devold, T.G., Skeie, S.B., Vegarud, G.E. (2014). Grazing season and forage type influence goat milk composition and rennet coagulation properties. Journal of Dairy Science Vol. 97 No. 6, 2014. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7542>
- Jaeggi, J.J., Wendorff, W.L., Romero, J., Berger, Y.M., Johnson, M.E. (2005). Impact of Seasonal Changes in Ovine Milk on Composition and Yield of a Hard-Pressed Cheese, Journal of Dairy Science, Volume 88, Issue 4, 2005, Pages 1358-1363, ISSN 0022-0302, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72802-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72802-2).
- Jenness, R. (1980). Composition and characteristics of goat milk: review 1968-1979. J. Dairy Sci. 63(10):1605-30.
- Kanwal, R., Ahmed, T., Mirza, B. (2004). Comparative Analysis of Quality of Milk Collected from Buffalo, Cow, Goat and Sheep of Rawalpindi/Islamabad Region in Pakistan. Asian Journal of Plant Sciences 3 (3): 300-305, 2004
- Kask, G. (2020). Lambapiima koostis ja osakeste suurusjaotus ning nende mõju piima laapumisomadustele. Magistritöö. Eesti Maaülikool. Tartu 2020. <https://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/5916>
- Leitner, G., Lavon, Y., Matzrafi, Z., Benun, O., Bezman, D., Merin, U. (2015). Somatic cell counts, chemical composition and coagulation properties of goat and sheep bulk tank milk. International Dairy Journal. International Dairy Journal 58 (2016) 9-13. 10.1016/j.idairyj.2015.11.004. https://www.researchgate.net/publication/286652896_Somatic_cell_counts_chemical_composition_and_coagulation_properties_of_goat_and_sheep_bulk_tank_milk
- Manca, M. G., Serdino, J., Gaspa, G., Urgeghe, P., Ibba, I., Contu, M., Fresi, P., & Macciotta, N. (2016). Derivation of multivariate indices of milk composition, coagulation properties, and individual cheese yield in dairy sheep. Journal of dairy science, 99(6), 4547–4557. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10589>
- Markiewicz-Keszycka, M., Czyżak-Runowska, G., Lipińska, P., Wójtowski, J. (2013). Fatty Acid Profile of Milk - A Review. Bulletin- Veterinary Institute in Pulawy. 57. 135. 10.2478/bvip-2013-0026. https://www.researchgate.net/publication/259495733_Fatty_Acid_Profile_of_Milk_-_A_Review

- Martini, M., Scolozzi, C., Cecchi, F., (2008). Relationship between morphometric characteristics of milk fat globules and the cheesemaking aptitude of sheep's milk. *Small Ruminant Research*, 74, 194 – 201. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.07.001>
- Matutinović, S., Kalit, S., Salajpal, K., Vrdoljak, J. (2011). Effects of flock, year and season on the quality of milk from an indigenous breed in the sub-Mediterranean area, *Small Ruminant Research*, Volume 100, Issues 2–3, 2011, Pages 159-163, ISSN 0921-4488, <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.06.009>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921448811002513>)
- Matutinović, S., Salajpal, K., Kalit, S. (2014). Variation in nitrogen components of sheep milk in sub-Mediterranean area. *Mljekarstvo*. 64. 27-33. https://www.researchgate.net/publication/287244524_Variation_in_nitrogen_components_of_sheep_milk_in_sub-Mediterranean_area
- Mayer, H.K., Fiechter, G. (2012). Physical and chemical characteristics of sheep and goat milk in Austria, *International Dairy Journal*, Volume 24, Issue 2, 2012, Pages 57-63, ISSN 0958-6946, <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.10.012>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694611002573>)
- McKusik, B.C., Berger, Y.M., Thomas, D.L. (1999). Effects of three weaning and rearing systems on commercial milk production and lamb growth, in *Proceedings of 5th Great Lakes Dairy Sheep Symposium*, Department of Animal Science, University of Wisconsin-Madison, pp. 16 – 31 https://www.researchgate.net/publication/255595181_Effects_of_three_weaning_and_rearing_systems_on_commercial_milk_production_and_lamb_growth
- Mercanti, D.J., Buseti, M.R., Meinardi, C.A., Zalazar, C.A. (2008). Studies on a fast method for determining the yield in the production of Argentinean sheep cheeses. *Food Chemistry*, 107, 1717 – 1723 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.009>
- Moatsou, G., Sakkas, L. (2019). Sheep milk components: Focus on nutritional advantages and biofunctional potential. *Small Ruminant Research* 180 (2019) 86–99. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.07.009>
- Alichanidis, E., Moatsou, G., Polychroniadou, A., 2016. The composition and the properties of non-cow milks and products. In: Tsakalidou, E., Papadimitriou, K. (Eds.), *Non-Bovine Milk and Milk Products*. Academic Press is an imprint of Elsevier, London, pp. 81–116.
- Mohapatra, A., Shinde, A.K., Singh, R. (2019). Sheep milk: a pertinent functional food. *Small Ruminant Research* Volume 181, December 2019, Pages 6-11 <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.10.002>
- Mohapatra, Shinde & Singh 2019: Caldwell, G. (2014). *The Small-Scale Dairy: The Complete Guide to Milk Production for the Home and Market*. Chelsea Green Publishing, UK.

- Mohapatra, Shinde & Singh 2019: Brulé, G., Lenoir, J., Remeuf, F. (2000). The casein micelle and milk coagulation. In: Eck, A., Gillis, J.C., Editors. Cheese making from science to quality assurance. Paris: Lavoisier France. pp. 7-40.
- Moatsou, G., Samolada, M., Katsabeki, A., Anifantakis, E. (2004). Casein fraction of ovine milk from indigenous Greek breeds. *Lait*.84(3):285–96.
- Molik, E., Murawski, M., Bonczar, G., Wierzchoś, E. (2008). Effect of genotype on yield and chemical composition of sheep milk. *Animal Science Papers and Reports* vol. 26 (2008) no. 3, 211-218
- Nudda, A., Battacone, G., Boaventura Neto, O., Cannas, A., Francesconi, A. H. D., Atzori, A.S., Pulina, G. (2014). Feeding strategies to design the fatty acid profile of sheep milk and cheese. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43(8), 445-456. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000800008>
- M.H Othmane, M.H., J.A Carriedo, J.A., L.F de la Fuente Crespo, L.F., F San Primitivo, F. (2002). An individual laboratory cheese-making method for selection in dairy ewes, *Small Ruminant Research*, Volume 45, Issue 1, 2002, Pages 67-73, ISSN 0921-4488, [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00079-2](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00079-2).
- Park, Y.W. (2007). Rheological characteristics of goat and sheep milk, *Small Ruminant Research*, Volume 68, Issues 1–2, 2007, Pages 73-87, ISSN 0921-4488, <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.015>.
- Park, Y. W., M.Juarez, M.Ramos and G. F. W.Haenlein. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*. Volume 68, Issues 1–2, March 2007, Pages 88-113. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013>
- Pazzola, M., Cipolat-Gotet, C., Bittante, G., Cecchinato, A., Dettori, M.L., Vacca, G.M. (2018). Phenotypic and genetic relationships between indicators of the mammary gland health status and milk composition, coagulation, and curd firming in dairy sheep. *Journal of Dairy Science* Vol. 101 No. 4, 2018. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13975>
- Pazzola, M., Stocco, G., Dettori, M.L., Bittante, G., Vacca, G.M. (2019). Effect of goat milk composition on cheesemaking traits and daily cheese production. *Journal of Dairy Science* Vol. 102 No. 5, 2019. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15397>
- Pellegrini, O., Remeuf, F., Rivemale, M., Barillet, F. Renneting properties of milk from individual ewes: Influence of genetic and non-genetic variables, and relationship with physicochemical characteristics. *Journal of Dairy Research*, Cambridge University Press (CUP), 1997, 64, pp.355-366. {hal-02692339}
- Pirisi, A., Fraghì, A., Piredda, G., Leone, P. (1999). Influence of sheep AA, AB and BB alpha-lactoglobulin genotypes on milk composition and cheese yield. *Proceedings of 6th International Symposium Milking of Small Ruminants*, Athens, Greece, September 26 – October 1, 1998, Wageningen Pers, EAAP Publication No.95, pp. 553 – 555

<https://www.researchgate.net/publication/318673844> Influence of sheep AA AB and BB alpha-lactoglobulin genotypes on milk composition and cheese yield

- Pulina, G., Milán, M.J., Lavín, M.P., Theodoridis, A., Morin, E., Capote, J., Thomas, D.L., Francesconi, A.H.D., Caja, G. (2018). Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors, *Journal of Dairy Science*, Volume 101, Issue 8, 2018, Pages 6715-6729, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14015>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030218305290>)
- Raynal, K., Remeuf, F. (1998). The Effect of Heating on Physicochemical and Renneting Properties of Milk: A Comparison between Caprine, Ovine and Bovine Milk, *International Dairy Journal*, Volume 8, Issue 8, 1998, Pages 695-706, ISSN 0958-6946, [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(98\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(98)00112-5).
- Raynal-Ljutovac, K., Lagriffoul, G., Paccard, P., Guillet, I., Chilliard, Y. (2008). Composition of goat and sheep milk products: An Update. *Small Ruminant Research* 79 (2008) 57–72. doi:10.1016/j.smallrumres.2008.07.009
- Revilla, I. González-Martín, I., Hernández-Hierro, J.M., Vivar-Quintana, A., González-Pérez, C., Lurueña-Martínez, M.A. (2009). Texture evaluation in cheeses by NIRS technology employing a fibre-optic probe. *Journal of Food Engineering* 92 (2009) 24–28. doi:10.1016/j.jfoodeng.2008.10.022
- Riddle, P. (2013). pH meters and their electrodes: calibration, maintenance and use. *The Biomedical Scientist*. April 2013. <https://www.ibms.org/resources/documents/ph-meters/>
- Rijnkels, M. (2002). Multi-species comparison of the casein gene loci and evolution of the casein gene family. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia*. 7: 327-345.
- Ruprichová, L., G. Tompa, M. I.Králová, Borkovcová, I. Bedáňová and L. Vorlová.2015.Profiling of caseins in cows', goats' and ewes' milk and dairy products by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *J. Food Nutr. Res.*54(3): 218-228.
- Sánchez-Mayor, M., Pong-Wong, R., Gutiérrez-Gil, B., Garzón, A., de la Fuente, L.F., Arranz, J.J. (2019). Phenotypic and genetic parameter estimates of cheese-making traits and their relationships with milk production, composition and functional traits in Spanish Assaf sheep. *Livestock Science* 228 (2019) 76-83
- Signorelli, F., Contarini, G., Annicchiarico, G., Napolitano, F., Orru, L., Catillo, G., Haenlein, G.F.W., Moioli, B. (2008). Breed differences in sheep milk fatty acid profiles: Opportunities for sustainable use of animal genetic resources. *Small Ruminant Research* 78 (2008) 24–31
- Sinanoglou, V.J., Panagiota, K., Charalambos, F., Georgia, S., Dionisisand, C., Iosif, B. (2015). Assessment of lactation stage and breed effect on sheep milk fatty acid profile and lipid quality indices. *Dairy Sci. Technol.*95 (4): 509-531. doi:10.1016/j.smallrumres.2008.04.003

- Skoufos, I., Tzora, A., Giannenas, I., Karamoutsios, A., Tsangaris, G. and Fthenakis, G.C. (2017), Milk quality characteristics of Boutsiko, Frisarta and Karagouniko sheep breeds reared in the mountainous and semimountainous areas of Western and Central Greece. *Int J Dairy Technol*, 70: 345-353. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12349>
- Sood, S.M., Herbert, P.J., Slatter, C.W. (1997). Structural studies on casein micelles of human milk: dissociation of β -casein of different phosphorylation levels induced by cooling and ethylene diamine tetra-acetate. *J. Dairy Sci.* 80(4): 628-33.
- Thomas, D.L., Haenlein, G.F.W. (2017). Production of Sheep Milk (Chapter 3.1). *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals: Second edition*. Toim. Park, Y.W., Haenlein, G.F.W., Wendorff, W.L. John Wiley & Sons Ltd. 703 lk.
- Tsiplakou, E., Mountzouris, K.C., Zervas, G. (2006a). Concentration of conjugated linoleic acid in grazing sheep and goat milk fat. *Livestock Science* 103 (2006) 74–84
- Tsiplakou, E., Mountzouris, K.C., Zervas, G. (2006b). The effect of breed, stage of lactation and parity on sheep milk fat CLA content under the same feeding practices. *Livestock Science* 105 (2006) 162–167
- Vacca, G.M., Cipolat-Gotet, C., Paschino, P., Casu, S., Usai, M.G., Bittante, G., Pazzola, M. (2019). Variation of milk technological properties in sheep milk: Relationships among composition, coagulation and cheese-making traits. *International Dairy Journal* 97 (2019) 5-14. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.05.002>
- Vacca, G.M., Stocco, G., Dettori, M.L., Bittante, G., Pazzola, M. (2020). Goat cheese yield and recovery of fat, protein, and total solids in curd are affected by milk coagulation properties. *Journal of Dairy Science* Vol. 103 No. 2, 2020. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16424>
- Wendorff, W.L & Kalit, S. (2017). Processing of sheep milk (Chapter 3.3). *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals: Second edition*. Toim. Park, Y.W., Haenlein, G.F.W., Wendorff, W.L. John Wiley & Sons Ltd. 703 lk.
- Wendorff & Kalit 2017: Mehaia 1995. Mehaia, M.A., 1995. The fat globule size distribution in camel, goat, ewe and cow milk. *Milchwissensch* 50, 260–263.
- Wendorff & Kalit 2017: Antifantakis, E. M. 1986. Comparison of the physico-chemical properties of ewe's and cow's milk. Pages 42–53 in *Proc. of the IDF seminar on the production and utilization of ewe's and goat's milk*. IDF Bull. 202. International Dairy Federation, Brussels, Belgium
- Wendorff & Kalit 2017: Muir *et al.* 1993. Muir, D. D., Horne, D. S., Law, A. R., & Sweetsur, A. M. (1993). Ovine milk. II: Seasonal changes in indices of stability. *Milchwissenschaft*, 48(8), 442-445.
- Johnson, Mark & Law, B. (1999). The Origins, Development and Basic Operations of Cheesemaking Technology. 10.1002/9781444323740.ch2.

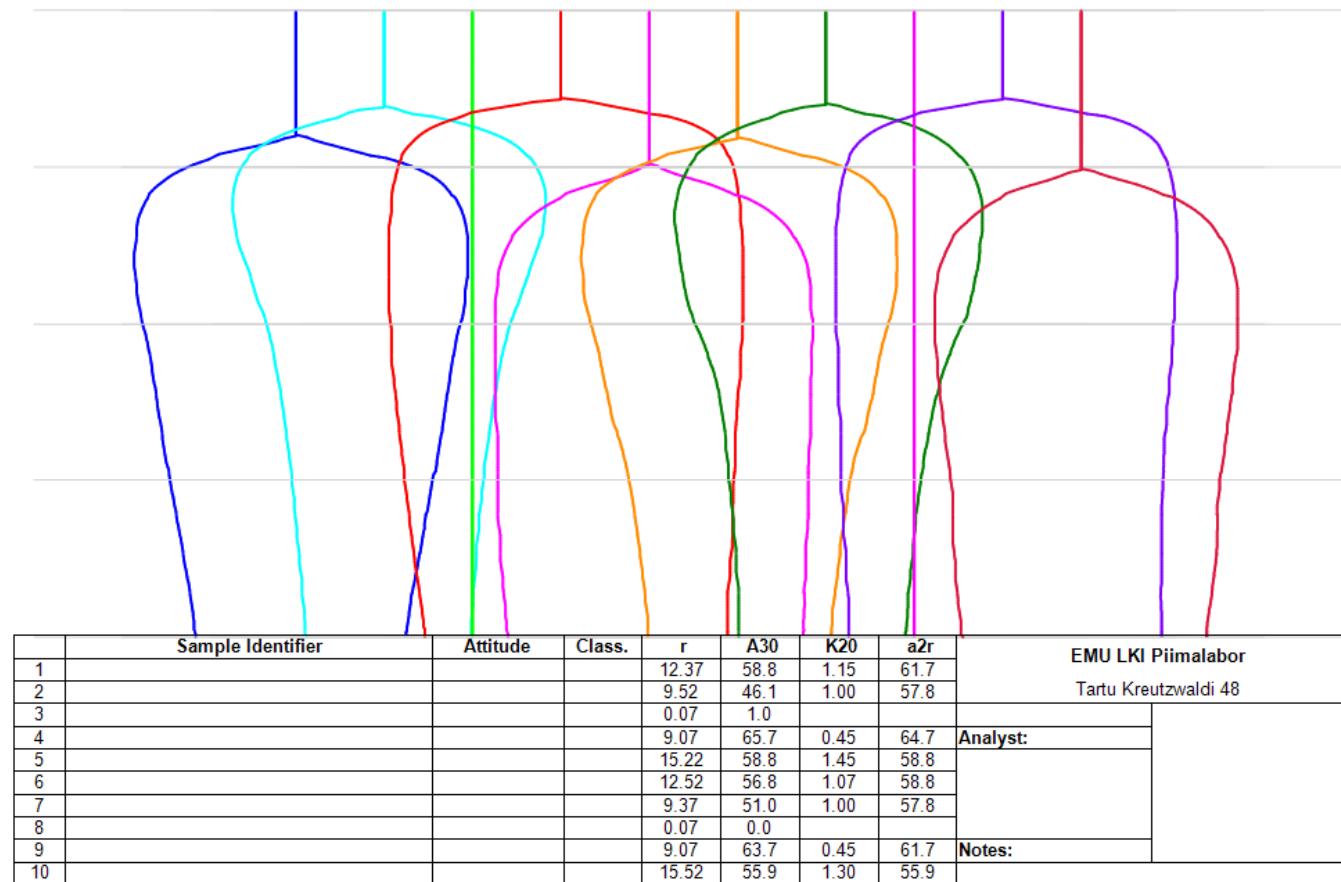
- Kalantzopoulos G. (1993). Cheeses from ewes' and goats' milk. In 'Cheese: chemistry, physics and microbiology'. Editor P.F. Fox. Chapman and Hall 2, 507-53.
- Wendorff & Kalit 2017: Storry, J., & Ford, G. (1982). Some factors affecting the post clotting development of coagulum strength in renneted milk. *Journal of Dairy Research*, 49(3), 469-477. doi:10.1017/S0022029900022603
- Corral, J.M., Lzquierdo, M., Padilla, J.A. (2009). Association of Individual Laboratory Cheese Yield (ILCY) with milk composition of Merino sheep breed. XXXIX Jornadas de Estudio, XIII Jornadas sobre Produccion Animal, Zaragoza, Espana, 12y 13 de mayo de 2009, pp. 568-570. <https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/2009/2009-%20XIII%20Jornadas%20Prod.%20Animal%20TOMO%20II.pdf>
- Wendorff, B. (2002). Milk composition and cheese yield, in Proceedings of 8th Great Lakes Dairy Sheep Symposium, Department of Animal Science, University of Wisconsin-Madison, WI, pp.104-117
- Zicarelli, L. (2004). Buffalo milk: its properties, dairy yield and mozzarella production. *Vet. Res. Commun.* 28:127-135

LISAD

Lisa 1. Laapumisdiagrammid lakotdünamograafilisel mõõtmisel

11/06/2019 15:56:51

10.06.19 proovid 6-10.xml



Lisa 2. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Johanna Matto

sünniaeg 21.04.1997,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda koostatud lõputöö

Lambapiima koostise ja laapumisomaduste mõju juustukalgendi koostisele ja väljatulekule, mille juhendajad on Ivi Jõudu ja Vilma Tatar,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor _____
(allkiri)

Tartu, 24.05.2020

Juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

Ivi Jõudu _____
(juhendaja nimi ja allkiri)

24.05.2020
(kuupäev)

Vilma Tatar _____
(juhendaja nimi ja allkiri)

24.05.2020
(kuupäev)